PUBLICATION 776
BULLETIN DU CULTIVATEUR 132

PUBLIÉ EN MARS 1946
PREMIÈRE IMPRESSION

DOMINION DU CANADA—MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

LA CONSERVATION DES POMMES EN ENTREPÔT

PAR

W. R. PHILLIPS
DIVISION DE L'HORTICULTURE
SERVICE DES FERMES EXPÉRIMENTALES

M. B. DAVIS
HORTICULTEUR DU DOMINION

630.4
C212
P 776
1946
fr.
c.3

blié par ordre de l'Hon. James G. Gardiner, Ministre de l'Agriculture
Ottawa, Canada

46

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Conditions pour la conservation—	
Considérations générales	5
Calcul de la chaleur dans l'entrepôt	6
Chaleur des champs	6
Chaleur de respiration	7
Chaleur d'infiltration	7
Autres facteurs	8
Appareils de refroidissement	8
Pré-refroidissement	10
Effet du pré-refroidissement	11
Humidité	13
Mesure de l'humidité relative	14
Durée de la conservation des pommes—	
Vitesse et courbes de la respiration	17
Effet de la température sur la vitesse de respiration	18
Changements de la qualité pendant la conservation	19
Apparition des désordres physiologiques	21
Atmosphère de l'entrepôt—	
Conservation dans une atmosphère réglée (Conservation au gaz)	23
Avantages de la conservation dans une atmosphère réglée	24
Choix du mélange de gaz	25
Construction de la chambre à gaz	26
Pour rendre la chambre à gaz étanche	26
(1) Doublure en métal	27
(2) Peintures étanches au gaz	27
Pour assurer l'étanchéité de la porte	27
Raccordements électriques, tuyaux à gaz, etc	28
Appareils de ventilation	28
Analyse du gaz	28
Ventilation d'une chambre à atmosphère réglée	30
(1) Mélange normal d'oxygène	30
(2) Mélange sous-normal d'oxygène	30
Recommandations touchant les conditions d'atmosphère et de température pour les variétés	33
Notes sur la conservation des variétés	35

LA CONSERVATION DES POMMES

Conditions pour la conservation

Considérations générales

Tant qu'elles sont fraîches, qu'elles soient ou non attachées à l'arbre, les pommes sont des matières vivantes; c'est là un fait qui a une grande importance dans la conservation de ce fruit et que l'on ne doit jamais perdre de vue dans l'étude des problèmes qui se rattachent à cette conservation.

Le tissu vivant des pommes est formé, comme toutes les structures de ce genre, de petites unités appelées cellules qui exigent, pour leur entretien et leur fonctionnement, certaines substances nutritives, tout comme un moteur exige de l'essence. Ces substances nutritives se composent principalement de sucre, et le procédé par lequel les cellules les utilisent pour développer de l'énergie est appelé respiration ou "métabolisme". En respirant, la pomme absorbe de l'oxygène de l'air et engendre du gaz carbonique, et c'est pourquoi les grands entrepôts de pommes qui restent fermés pendant quelque temps contiennent souvent de grandes quantités de ce gaz.

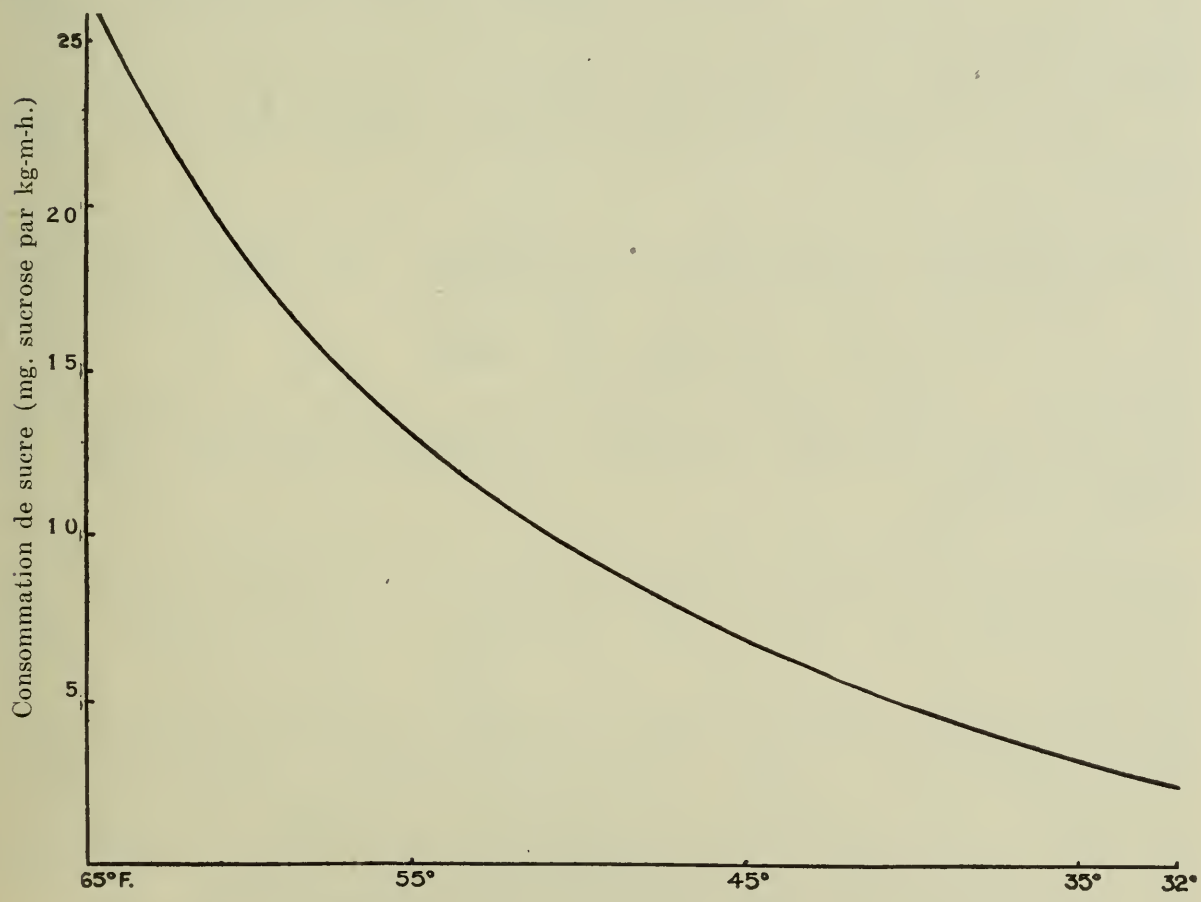

Fig. 1. Consommation de sucre pour les pommes McIntosh aux températures de 65°F. à 32°F. (Calculée sur la base de la production de gaz carbonique).

La fig. I indique comment la température affecte la consommation de sucre chez les pommes McIntosh. On voit par ce graphique qu'à une température de 65°F. la consommation de sucre est de sept à huit fois plus forte qu'à 32°-35°F. Ceci signifie qu'en général (car il y a des exceptions) les

pommes se conservent sept ou huit fois plus longtemps à 32°-35°F. qu'à 65°F. Ce fait souligne également la nécessité de les mettre en entrepôt aussitôt que possible après la cueillette.

Un autre détail important, c'est que la durée de la vie de la pomme, c'est-à-dire de sa conservation, est réglée par la température du fruit lui-même et non par la température de l'air du local; on voit donc qu'il importe d'abaisser la température de la pomme aussi promptement que possible à la température de l'entrepôt. On peut, en 24 heures, réduire au point désiré la température de l'air dans une chambre, mais quand il y a beaucoup de pommes dans une grande chambre et qu'elles sont mal arrimées ou mal empilées, la température au centre de la pile peut mettre plusieurs semaines à descendre à celle du local. Dans ce cas, il est bien évident que les pommes trop chaudes consommeront leur réserve de nourriture beaucoup plus vite qu'il n'est nécessaire et que leur vie sera raccourcie d'autant. On ne saurait donc trop insister sur la nécessité d'abaisser la température des pommes à celle de la chambre aussi rapidement que possible et de les tenir à cette température en tout temps.

Mesure de la chaleur dans l'entrepôt

On juge naturellement l'appareil réfrigérant d'un entrepôt par sa capacité de refroidissement, mais cette façon de calculer est souvent une cause de mécomptes et d'erreurs. Pour bien comprendre les problèmes de la réfrigération, il faut considérer les procédés employés comme des moyens pour enlever la chaleur plutôt que pour produire du froid. La chaleur est une forme positive d'énergie, susceptible d'être mesurée et réglée, et le système de refroidissement, quel qu'il soit, mécanique ou naturel, peut être considéré comme une pompe qui aspire la chaleur de l'entrepôt, et dont l'aspiration peut être réglée et calculée.

La mesure la plus commune de la capacité d'un appareil réfrigérant est ce que l'on appelle la tonne-étalon de réfrigération. Un appareil frigorifique d'une capacité d'une tonne produit la même somme de refroidissement que la fonte d'une tonne de glace par jour. En langage technique, ceci équivaut à l'enlèvement de 288,000 U.T.B. par jour. U.T.B. signifie "Unité thermale britannique". L'unité thermale britannique est la somme de chaleur nécessaire pour élever d'un degré Fahrenheit la température d'une livre d'eau. On mesure la chaleur en U.T.B. tout comme on mesure la gasoline au gallon ou le beurre à la livre.

Quel que soit le moyen par lequel il est refroidi, mécanique, glace ou admission d'air du dehors, la première fonction d'un entrepôt de pommes est d'ôter la chaleur des produits. Il lui faut pour cela s'opposer à trois sources principales de chaleur (1) la "chaleur des champs", qui est celle de la haute température initiale des produits; (2) la "chaleur de respiration", qui est développée par les fonctions vitales des produits, et (3) la "chaleur d'infiltration", qui s'infiltre à travers les murs, le plancher et le toit du bâtiment. Ces sources de chaleur, ajoutées à d'autres facteurs étrangers, comme la chaleur des lumières, celle qu'apportent les travailleurs, constituent la "charge de chaleur" de l'établissement. Elles peuvent toutes être calculées en U.T.B. par jour, et au point de vue pratique, représentent la charge de chaleur.

Chaleur des champs

La chaleur des champs est de beaucoup la plus forte partie de la charge de réfrigération dans l'entrepôt à pommes ordinaire. Nous avons vu que cette chaleur des champs est celle par laquelle la température des pommes dépasse celle de l'entrepôt. C'est en d'autres termes la quantité de chaleur qui doit être retirée des fruits pour réduire ces derniers à la température de l'entrepôt.

Pour computer la charge de chaleur, il faut connaître la quantité maximum de pommes qui est mise dans l'entrepôt chaque jour. Il faut connaître également la température maximum probable de ces pommes au moment de la cueillette. Admettant que le tissu de la pomme se compose en grande partie d'eau, il faut une U.T.B. pour réduire d'un degré Fahrenheit la température d'une livre de pommes.

Supposons par exemple que la rentrée quotidienne maximum est de 1,000 boisseaux et que ces pommes sont à une température de 80°F. et doivent être refroidies à 32°F. Ceci donne, en comptant 45 livres au boisseau, 45,000 livres à refroidir de 48° (80-32). Dans ces conditions la charge de chaleur quotidienne et maximum est de 2,160,000 U.T.B. (45,000 x 48). Prenant comme base 288,000 U.T.B. par tonne, nous avons une charge de chaleur exigeant environ 7½ tonnes de réfrigération. On voit par là que le moyen de déterminer la charge de chaleur des champs en tonnes de réfrigération est le suivant: Poids en livres des pommes X différence entre la température de la cueillette et la température de l'entrepôt, divisé par 288,000.

Chaleur de respiration

Cette chaleur est continuelle pendant toute la durée de l'entreposage, quoiqu'elle diminue avec la température. A 85°F., une tonne de pommes engendre environ 11,000 U.T.B. par jour; à 40°F., elle en produit environ 1,400 et à 32°F., 700. On voit donc que même lorsque la respiration est à son maximum d'activité, la chaleur de respiration ne se monte qu'à .04 tonne de réfrigération par tonne de pommes. Dans les conditions de conservation, la chaleur de respiration nécessite l'allocation d'environ .0024 tonne de refrigération par jour.

A première vue, cette quantité peut paraître insignifiante et cependant elle représente environ 1½ tonne de refrigération pour un petit entrepôt de 25,000 boisseaux de pommes, soit un poids d'environ 562 tonnes. C'est évidemment peu comparé à la chaleur des champs, mais assez considérable pour mériter considération.

Chaleur d'infiltration

Malheureusement, c'est au moment même où la nécessité d'enlever la chaleur des champs est généralement à son maximum que l'infiltration de chaleur est la plus grande. La chaleur d'infiltration est la quantité de chaleur qui entre à travers les murs, le plafond et le plancher de la salle de l'entrepôt. On se sert de calorifuges (substances isolantes) pour prévenir cette infiltration. Dans une salle non calorifugée ou mal calorifugée, l'infiltration de chaleur est excessive et peut surtaxer l'appareil réfrigérant au point de nuire à la conservation des fruits.

L'emploi de calorifuges est un sujet à considérer séparément, et nous nous bornerons à mentionner ici les choses essentielles nécessaires pour calculer l'infiltration de chaleur. Disons cependant que le liège est le calorifuge le plus employé; il est presque universellement accepté comme modèle. La quantité de liège généralement appliquée est de 4 pouces dans les murs, 3 à 4 pouces sous le plancher et 6 pouces dans les plafonds exposés (sous le toit).

L'infiltration de chaleur à travers les calorifuges est mesurée par ce qu'on appelle la valeur K (la rapidité de transfert de la chaleur). L'étalon habituel est la quantité de U.T.B. qui entre par heure, par pied carré d'un pouce d'épaisseur et par degré de différence de température. Avec la planche de liège la valeur K est d'environ .3. Par conséquent, lorsque la température extérieure est de 80°F., une épaisseur de 4 pouces de liège dans un entrepôt tenu à 32°F. laisse entrer la chaleur à raison de 3.6 U.T.B. par heure et par pied carré, ce qui équivaut à .3 tonne de réfrigération par mille pieds carrés par jour. L'infiltration de chaleur est plus ou moins forte suivant l'épaisseur des calorifuges. Par exem-

ple, 1000 pieds carrés de mur avec 8 pouces de liège n'exigeraient que la moitié de .3 ou .15 tonne de réfrigération. D'autre part, s'il n'y avait que 2 pouces de liège .6 tonne serait nécessaire.

Autres facteurs

Les lumières, les ouvertures des portes, les moteurs électriques, etc., sont tous des sources de chaleur, qui méritent une considération spéciale dans des cas exceptionnels. On peut ne pas en tenir compte cependant si l'on fait largement la part de la chaleur des champs, de la chaleur d'infiltration et de la chaleur de respiration.

On voit par ce qui précède que la plus grande charge de chaleur, de beaucoup, est dans l'automne de l'année, quand on remplit l'entrepôt. Lorsque les pommes sont refroidies et que la température du dehors s'abaisse, la charge de chaleur disparaît à peu près complètement. On le voit dans la figure 2. Notons ici que l'infiltration de chaleur est la même dans A que dans B. En d'autres termes, les conditions de température extérieure sont les mêmes pour les deux. A mesure que la température s'abaisse, le surplus de 68.6 pour cent indiqué dans B continue à augmenter. Lorsque la température du dehors est à 32°F. (la même que celle de l'entrepôt) ou plus bas, il n'y a plus d'infiltration de chaleur et alors la charge totale d'opération n'atteint pas 2 pour cent de maximum. C'est là une condition théorique qui peut ne pas être réalisée, mais on suppose généralement que la somme de réfrigération nécessaire au moment du remplissage de l'entrepôt est dix fois plus forte que pendant l'hiver.

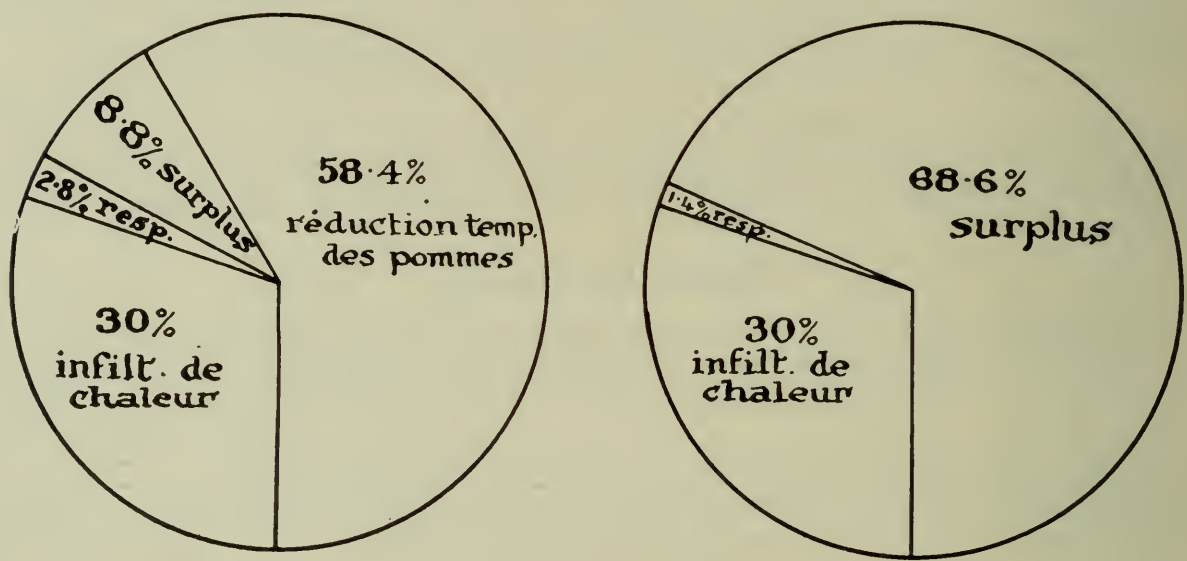

Fig. 2. Distribution de la charge de chaleur, A. au moment du chargement, B. après refroidissement de la charge. Ces chiffres sont basés sur des conditions théoriques qui concordent avec les observations pratiques.

Appareils de refroidissement

Nous avons parlé jusqu'ici des charges de chaleur et du travail à faire. Considérons maintenant les moyens de faire ce travail.

Le moyen le meilleur marché de refroidir les pommes est de se servir de l'air du dehors. Cette méthode a un point faible, c'est que son succès dépend des conditions de température. Elle peut cependant donner d'assez bons résultats, à condition de profiter des nuits fraîches et des journées fraîches, ce qui exige une attention constante, et même alors, un automne long et chaud cause parfois des difficultés insurmontables.

Si l'on se propose de se servir de cette forme de refroidissement pour les variétés tardives de pommes, la première condition indispensable est d'avoir un bâtiment bien calorifugé. Le renouvellement de l'air peut être effectué rapide-

ment et de façon uniforme au moyen d'un ventilateur soufflant, d'une capacité suffisante pour renouveler l'air de l'entrepôt toutes les trois minutes. Il faut avoir soin d'arrêter la marche du ventilateur lorsque l'air extérieur est plus chaud que les pommes.

L'emploi de glace pour refroidir l'entrepôt vient deuxième au point de vue économique. Il consiste en l'emploi d'un coffre à glace par dessus lequel circule l'air de l'entrepôt, par convection ou au moyen d'un ventilateur. Pour obtenir un maximum d'efficacité et un refroidissement suffisant, il faut que la glace fonde rapidement, ce qui nécessite une ventilation coûteuse. Il est rare que cette méthode soit employée.

La réfrigération mécanique coûte plus cher, mais elle est de beaucoup la meilleure lorsqu'elle est bien employée. On la considère même comme essentielle dans un grand nombre des districts de pomiculture malgré son prix élevé. C'est parce qu'elle est facile à régler et qu'elle ne dépend que peu ou point des conditions de température.

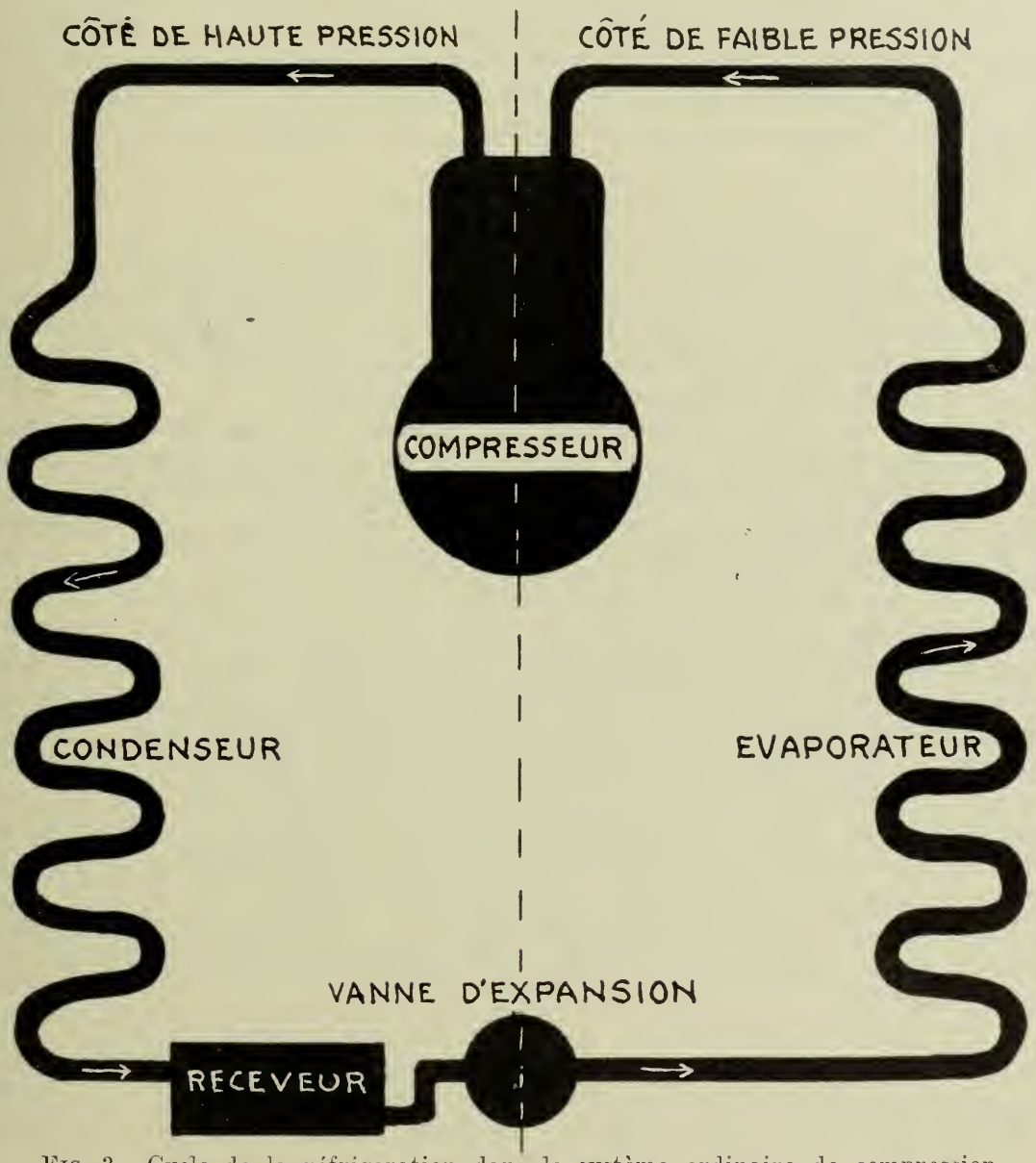

Fig. 3. Cycle de la réfrigeration dans le système ordinaire de compression.

Le refroidissement par vaporisation ou évaporation est le principe fondamental sur lequel repose la réfrigération mécanique. Il y a certains liquides, dits réfrigérants, qui absorbent une grande somme de chaleur en se vaporisant et ils produisent ainsi un refroidissement. L'ammoniaque est le réfrigérant le plus employé, surtout dans les grandes installations. On comprendra plus aisément le principe de la réfrigération en consultant la fig. 3.

L'ammoniaque liquide sous pression dans le réservoir passe par la vanne d'expansion, où elle se vaporise c'est-à-dire se change en gaz, sous la faible pression qui existe dans l'évaporateur, où le refroidissement se produit. Le compresseur qui n'est en somme qu'une pompe à circulation, soutire le gaz de l'évaporateur et l'envoie dans le condensateur. Il se produit un dégagement de chaleur dans le condensateur, et le réfrigérant qui était sous forme de gaz, se liquifie en revenant au réservoir, et le cycle se répète. Il y a trois adaptations principales pour utiliser l'effet de réfrigération produit dans l'évaporateur. Lorsque l'évaporateur se compose de tuyaux en serpentins, placés dans l'entrepôt, on dit qu'il est à expansion directe. Dans le genre à circulation de saumure, les serpentins d'évaporation sont plongés dans une cuve de saumure (généralement du chlorure de calcium). Cette saumure refroidie circule à travers des tuyaux dans l'entrepôt. On voit donc que la saumure sert de véhicule pour porter la réfrigération de l'évaporateur à l'entrepôt. Le troisième genre d'adaptation qui se généralise de plus en plus dans les entrepôts de pommes, est le système de circulation d'air par serpentin humide (ou la pulvérisation de saumure). Dans ce système, l'air, actionné par un ventilateur, est refroidi en passant sur l'évaporateur, lequel est à son tour arrosé avec de la saumure. Cet air refroidi et climatisé passe à la chambre de l'entrepôt directement ou par des conduites.

Pré-refroidissement

On appelle pré-refroidissement ou "refroidissement préalable" le procédé par lequel la température d'un produit est réduite aussi rapidement que possible avant l'entreposage ou le transport. L'avantage de cette pratique est qu'elle augmente grandement la durée de la conservation du produit et que la distribution de la charge de réfrigération est mieux équilibrée.

Le premier de ces avantages, en ce qui concerne les pommes, a été expliqué dans un chapitre précédent. Nous avons vu que les pommes tenues à une haute température dissipent leur énergie vitale infiniment plus vite qu'à une basse température. Il s'ensuit donc qu'elles se conservent en bon état d'autant plus longtemps que leur température est réduite plus vite.

Nous avons vu également que la tâche la plus importante de la réfrigération est d'abaisser la température des pommes au début de l'entreposage. Si les moyens installés sont suffisants pour remplir cette fonction, il est évident qu'il y aura un excès de réfrigération et de matériel pour assurer la conservation des pommes après que les fruits sont à la température de l'entrepôt. Le moyen le plus économique serait donc d'avoir une chambre spéciale, où les pommes pourraient être déposées jusqu'à ce que leur température soit réduite. Dans les chambres ordinaires de conservation, il suffirait d'appliquer suffisamment de réfrigération pour couvrir l'infiltration de chaleur, la respiration et les autres exigences de moindre importance. Un entrepôt ordinaire ou refroidi par la glace pourrait suffire dans certaines circonstances. Ceci dépendrait naturellement de l'infiltration de chaleur, qui est réglée à son tour par la température du dehors et la calorifugation.

La Division de l'horticulture a fait de longues recherches sur les moyens de pré-refroidissement, et elle a constaté que le système de ventilation forcée sous le plancher, avec frigorifère par dessus tête, est le meilleur. Ce système, qui est représenté par un graphique à la figure 4 fonctionne depuis plusieurs années et a toujours donné de bons résultats. Il consiste en un local d'une capacité d'environ 2,000 pieds cubes dans lequel est installé un frigorifère (A) consistant en 400 pieds de tuyaux d'ammoniaque de $1\frac{1}{4}$ de pouce (174 pieds carrés). L'ammoniaque est portée dans ces tuyaux par une vanne à thermo expansion. L'appareil est contenu dans un coffre (B), dont la température est réglée par un thermostat contrôlant des soupapes d'arrêt, de liquide et d'aspiration sur l'appareil A. Un ventilateur (C) soutire l'air refroidi de cet appareil

et le livre à une vitesse de 6,000 pieds cubes par minute par la conduite D à l'espace E, sous un faux plancher composé de morceaux de 2″ x 4″ posés à angle droit de la circulation de l'air. Ces morceaux de 2″ x 4″ sont espacés de façon à laisser un petit vide entre eux, et ce vide est réglé de telle façon qu'une légère pression statique est accumulée à E, assurant ainsi une distribution égale d'air froid dans toutes les parties du plancher.

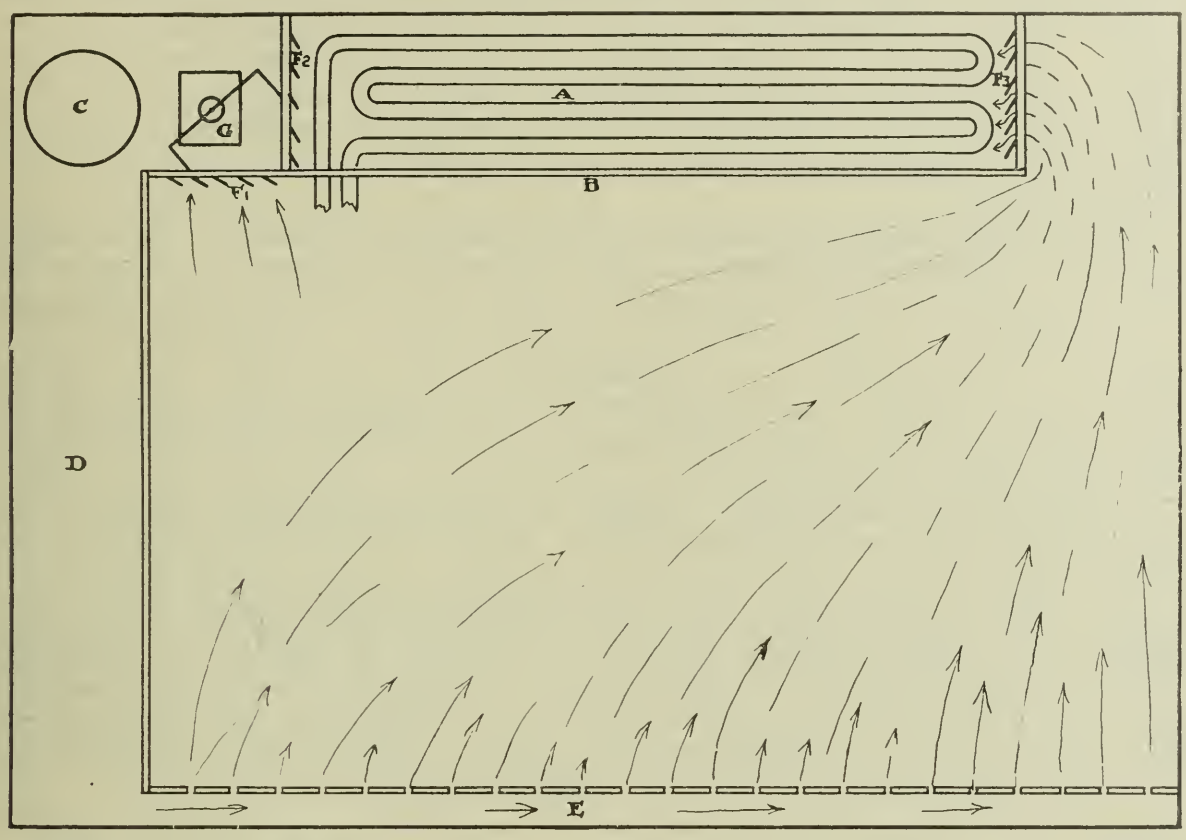

Fig. 4. Dessin graphique en coupe d'un appareil de pré-refroidissement, construit et employé par la Division de l'horticulture, Ferme expérimentale centrale, Ottawa.

Le réglage de la température de la chambre elle-même est assuré par des orifices d'aérage à modulation ou "persiennes", F1 et F2, qui sont actionnés par un moteur commandé par un thermostat (G). Lorsque la température de pré-refroidissement est plus élevée que le point désiré, l'air est tiré à travers le coffre B par la persienne F2 et passe à travers la route décrite. Lorsque la température atteint le point désiré, la persienne F1 s'ouvre un peu tandis que F2 se ferme en même temps. Si la température du local de pré-refroidissement continue à descendre, la persienne F1 s'ouvre encore plus tandis que F2 se ferme de plus en plus. Ceci signifie qu'à mesure que la température baisse une proportion croissante de l'air est tirée par court-circuit à travers F1; cet air n'est pas refroidi mais simplement circulé à nouveau. Les températures peuvent être telles que F2 est complètement fermé et F1 complètement ouvert et dans ce cas tout l'air circule à nouveau.

On voit par cette description que l'on peut tirer de l'appareil A un effet maximum de refroidissement sans risquer d'abîmer les produits par congélation.

Effet du pré-refroidissement

Si l'on emploie le type de pré-refroidisseur décrit ci-dessus la vitesse du refroidissement des pommes dépendra de deux grands facteurs (1) le genre de contenant et (2) la méthode d'arrimage. Pour obtenir un maximum d'efficacité, il faut que les deux facteurs soient réglés de façon à pouvoir enlever le plus possible de la chaleur des pommes.

En ce qui concerne les contenants, il est évident que les pommes dans un gros contenant ne se refroidissent pas aussi rapidement que dans un petit parce que, dans le premier, la proportion de pommes en contact avec les parois du contenant n'est pas aussi forte que dans le dernier. Les pommes se refroidissent aussi plus vite dans un contenant ouvert, où elles sont exposées à l'air, que dans un contenant fermé. Les propriétés calorifuges du contenant ont aussi de l'importance. Par exemple, les contenants de carton ondulé, de la même épaisseur que les contenants de bois, se refroidissent plus lentement que ces derniers. Toutefois ce dernier détail n'a pas autant d'importance que la facilité avec laquelle l'air peut s'introduire dans le contenant. En d'autres termes, le détail le plus important est de choisir pour le pré-refroidissement un contenant qui permet à la plus grande quantité possible d'air de venir en contact avec les pommes.

Les mêmes principes s'appliquent à l'arrimage des contenants. Si les contenants sont empilés directement l'un sur l'autre, l'air froid venant du plancher ne vient en contact qu'avec les côtés des contenants, sauf ceux de la rangée du bas naturellement. Si les contenants sont trop serrés la circulation de l'air se fait mal. Il importe donc, pour assurer un contact maximum d'air, que les contenants ne se touchent pas le long des côtés. Les rangées successives devraient être disposées de façon que chaque contenant se trouve au-dessus de l'espace d'air de la rangée du dessous.

Cette méthode d'arrimage et l'emploi de contenants spéciaux peuvent naturellement n'être pas pratiques dans bien des cas. De même la construction et la forme des contenants, ainsi que d'autres détails peuvent s'opposer à l'adoption de cette méthode d'arrimage. Ce sont cependant des détails dont il faut tenir compte et l'on devrait autant que possible s'efforcer de réaliser ces conditions.

On voit à la figure 5 le fonctionnement de l'appareil pré-refroidisseur déjà décrit à la figure 4. Ce graphique représente la vitesse de refroidissement de 200 boisseaux de poires Bartlett mises dans des paniers d'un boisseau avec

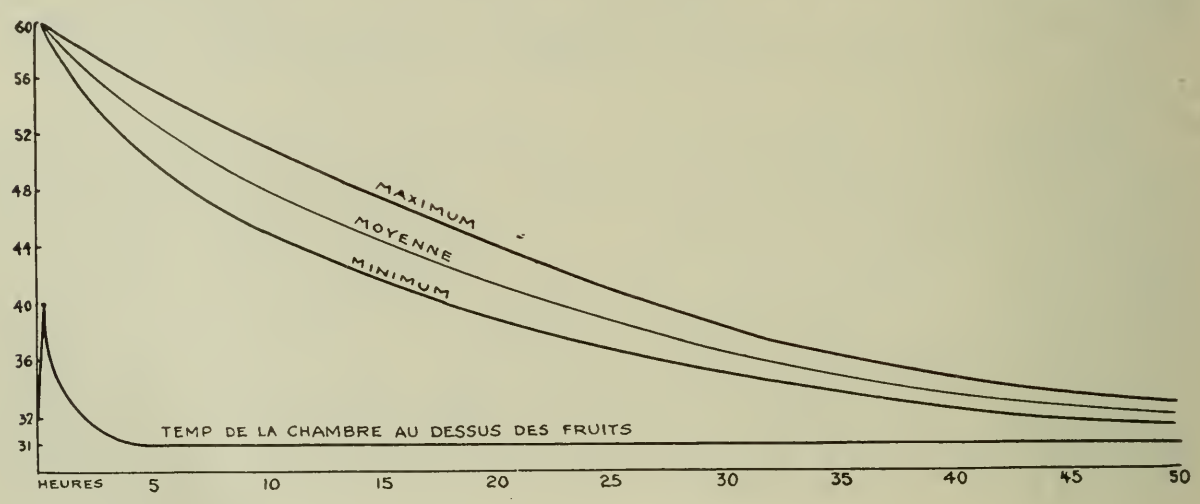

FIG. 5. Vitesse de refroidissement des poires Bartlett dans l'appareil de pré-refroidissement montré à la fig. 4. Les courbes de températures représentent l'état de l'intérieur des fruits, au centre des cageots d'un boisseau, recouverts sur le dessus de coussins et de tampons (liners).

des tampons et des coussins. Les températures enregistrées sont celles de l'intérieur des poires au centre du cageot, à différents points à travers la charge. La température maximum est celle des fruits qui se refroidissent le plus vite ou le plus lentement dans la charge, et la température minimum celle du point de refroidissement le plus bas ou le plus rapide qui ait été noté.

On voit que la température des fruits au moment de la cueillette était de 60°F. Au bout d'un peu plus de 24 heures la température moyenne était abaissée

à 40°F, ce qui signifie que le métabolisme rapide de haute température a été réduit le premier jour ou à peu près. Au bout de 48 heures, tous les fruits étaient très près de la température désirée d'entrepôt de 32°F.

Les fruits ont ensuite été transférés à une température d'entrepôt de 32°F. sans que la température de la chambre en soit le moindrement relevée. De cette façon, on a obtenu le maximum d'avantage des températures d'entrepôt et probablement aussi une extension de deux à trois semaines de la durée de conservation au delà de celle qui est généralement considérée comme "bonne" dans de bonnes conditions d'entrepôt commercial.

Il est à noter que ce système de circulation rapide d'air sec pour le refroidissement préalable ne doit pas être employé pour une longue conservation parce que le passage nécessairement rapide d'air sec augmente l'évaporation, qui cause un desséchement marqué des produits. Si l'on a soin de bien surveiller la température et d'enlever les produits dès qu'ils ont perdu leur chaleur, les dommages sont insignifiants comparés aux avantages qui découlent du refroidissement rapide.

Humidité

On règle l'humidité (proportion d'humidité de l'air) surtout pour enrayer l'évaporation des pommes. Les pommes qui perdent leur humidité par évaporation perdent leur goût, leur texture devient sèche et elles se ratatinent. On voit assez souvent, surtout vers la fin de la saison, des pommes offertes en vente en cet état.

Pour résoudre le problème, il faut que l'entreposeur ait une certaine connaissance des principes de physique sur lesquels il repose. Quand des liquides s'évaporent, ils se transforment en gaz et passent dans l'atmosphère environnante. Le liquide continue à s'évaporer jusqu'à ce que l'air avec lequel il est en contact ait absorbé tout ce qu'il peut en contenir. Lorsque l'air en est arrivé à ce point, on dit qu'il est saturé ou qu'il a une humidité relative de 100 pour cent.

Il y a une complication: c'est que l'air chaud peut contenir plus d'humidité que l'air froid. Par exemple, un certain volume d'air peut avoir une haute humidité relative à 60°F, mais cet air peut se refroidir au contact d'une surface plus froide, comme une vitre de fenêtre dans une maison ou des serpentins de refroidissement, dans un entrepôt, et en se refroidissant il perd une partie de sa capacité d'absorption d'humidité. Ceci explique la présence d'eau ou de givre sur la surface plus froide. On appelle condensation ce dépouillement de l'humidité de l'air par l'abaissement de la température.

Comment ces circonstances affectent-elles la conservation des pommes? Notons en premier lieu que les pommes contiennent une forte proportion d'eau, de 76.6 pour cent à 86.5 pour cent.

Quand une partie de cette eau s'évapore, la peau de la pomme se ride, la chair devient spongieuse et il y a généralement perte de goût ou saveur. Il est donc clair que l'on doit prendre toutes les précautions possibles pour prévenir la perte d'humidité des pommes, d'autant plus qu'il est impossible, par quelque traitement que ce soit, de ramener les fruits à leur état original de fraîcheur lorsqu'ils ont perdu leur humidité.

Le plus gros de l'eau qui se trouve dans les pommes est contenu dans les cellules qui forment la chair de la pomme. Ces cellules sont en contact avec l'air à l'intérieur de ces tissus et cet air sort du fruit au moyen de petits pores, appelés lenticelles, à la surface de la peau.

Quand une pomme est placée dans l'entrepôt, il est évident que la proportion d'humidité qu'elle renferme est grandement affectée par celle qui se trouve dans l'air environnant. Supposons par exemple que l'humidité relative de l'air soit de 50 pour cent. Lorsqu'une partie de cet air pénètre dans la pomme par la

peau, il vient en contact avec les cellules, et comme cet air est sec, il absorbe l'humidité des cellules jusqu'à ce qu'il soit à peu près saturé. Cet air, chargé d'humidité, sort ensuite de la pomme pour se répandre dans l'entrepôt, et il y a évaporation, c'est-à-dire perte de l'humidité des fruits. Si cette perte d'humidité cessait quand l'air de l'entrepôt est saturé, il n'y aurait pas de mal, mais cet air saturé peut se refroidir en venant en contact avec un mur froid ou un frigorifère; l'humidité qu'il contient se condense et se dépose sous forme de suintement ou de givre; l'air se réchauffe ensuite et recommence à absorber de l'humidité des pommes.

Le contenant lui-même peut aussi être une cause de perte d'humidité. Au lieu de se refroidir, l'air chargé de l'humidité extraite des pommes peut venir en contact avec des contenants de bois sec ou d'autres substances qui absorbent de l'humidité. L'air s'assèche ainsi et sa faculté d'absorber l'humidité des fruits augmente. Cependant la grande cause de la perte évitable d'humidité des pommes provient de la condensation sur les appareils ou tuyaux de refroidissement. Supposons par exemple qu'un entrepôt soit tenu à 35°F. et que la température de la surface frigorifique soit à 20°F., l'humidité relative à 98 pour cent de l'air sortant des pommes est réduite à environ 55 pour cent en passant sur les serpentins frigoriques, puis sa température remonte à nouveau à 35°F.

Le principe de la perte d'humidité par les serpentins frigorifiques est expliqué à la fig. 6. On voit que la charge de pommes est tenue à 35°F. Comme les pommes engendrent de la chaleur, l'air qui passe par-dessus a une température un peu plus élevée que 35°F. et il se charge de l'humidité des pommes. En arrivant aux serpentins frigorifiques, la température de l'air (ou du moins d'une partie de l'air) sera réduite à près de 20°F. (la température de la surface réfrigérante). Cette réduction de température provoque la condensation et le dépôt d'eau ou de givre sur les serpentins. Lorsque l'air revient à 35°F. en venant en contact avec les fruits (ou d'autre air) il reprend sa capacité d'absorption d'humidité, et extrait encore de l'humidité des pommes, laquelle est à son tour déposée sur les serpentins.

Mesure de l'humidité relative

Pour mesurer l'humidité relative on se sert généralement d'instruments basés sur la réduction de température par l'évaporation d'eau. On prend pour cela deux thermomètres dont les températures correspondent aussi exactement que possible. L'un de ces thermomètres a une boule mouillée dont l'humidité s'évapore; l'autre a une boule sèche. C'est ce que l'on appelle le thermomètre à boule mouillée et sèche. Plus l'air est sec, plus l'humidité s'évapore rapidement de la boule mouillée et la température indiquée par ce thermomètre est donc plus basse que celle du thermomètre à boule sèche. Quand on connaît les températures des deux thermomètres, à boule mouillée et à boule sèche, on peut déterminer l'humidité relative de l'air en consultant un tableau qui est généralement fourni avec cet instrument.

Pour que les températures relevées soient exactes, il faut que l'air passe assez rapidement sur ces boules. On obtient cette condition essentielle en imprimant un mouvement rotatoire aux thermomètres, comme avec le psychromètre-fronde (voir fig. 7) ou en forçant le passage de l'air sur les boules du thermomètre comme dans le psychromètre à aspiration. Ce dernier type est généralement préférable parce qu'il est moins exposé à s'abîmer en fonctionnant, comme il peut arriver pour le psychromètre-fronde. Tous deux donnent d'assez bons résultats lorsque l'on se contente d'observations qui ne diffèrent pas de plus de 2 à 3 pour cent d'une observation exacte.

On emploie aussi d'autres instruments pour déterminer l'humidité relative, comme par exemple, le thermomètre ordinaire à boule mouillée et sèche, l'hygro-

mètre à cheveu, l'hygromètre à condensation, etc., mais on a constaté que le psychromètre-fronde *(sling psychrometer)* et à aspiration *(hand aspirated psychrometer)*, d'une bonne marque, sont les plus sûrs et les plus pratiques.

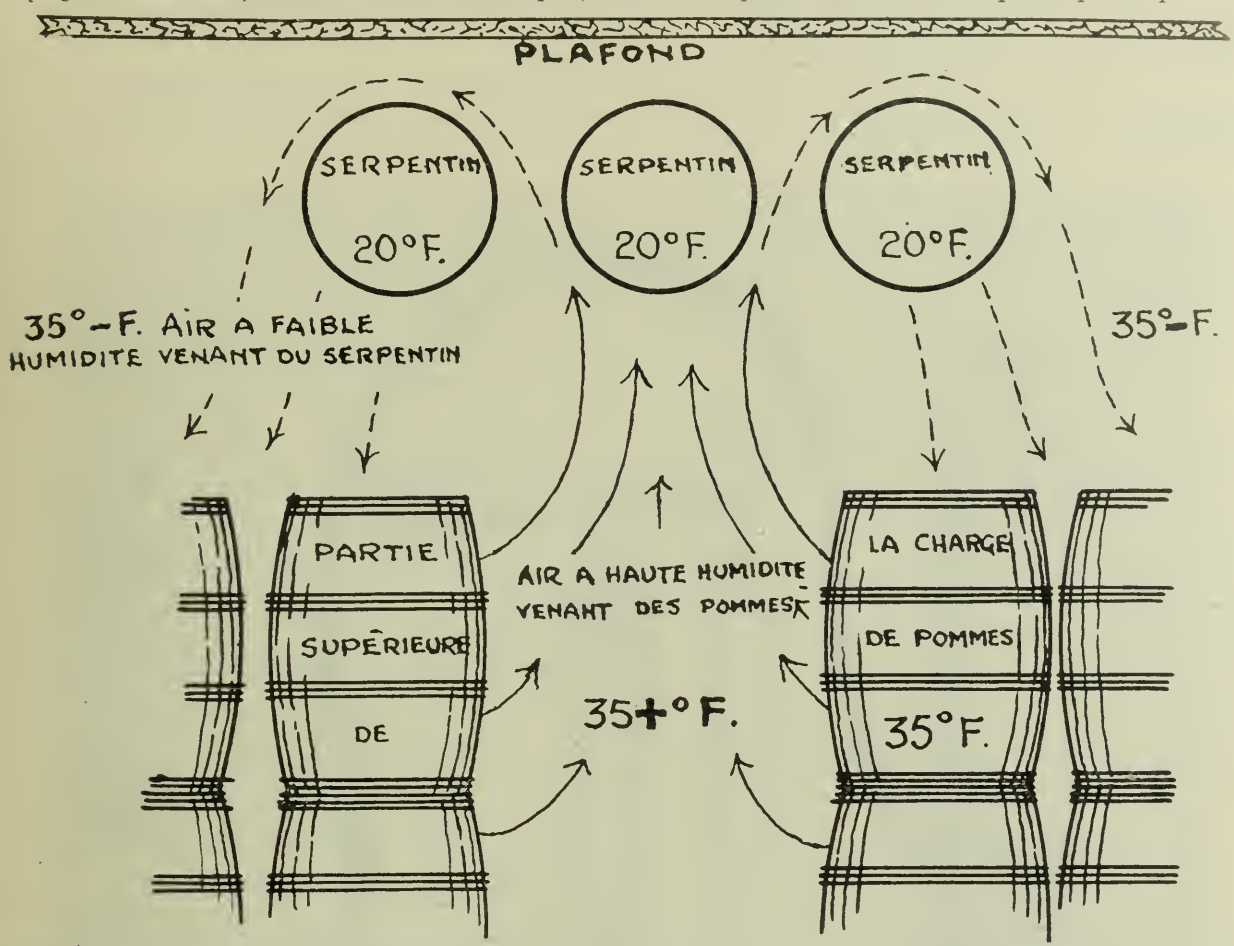

Fig. 6. Dessin graphique représentant le principe de la perte d'humidité sur les tuyaux de refroidissement dans l'entrepôt.

L'important est de savoir ce qu'il faut faire quand l'humidité est trop basse ou trop élevée. On sait que la meilleure humidité relative pour la conservation commerciale des pommes est de 90 pour cent. Dans les circonstances ordinaires, ce point sera atteint dans une chambre d'entrepôt modérément remplie si la température est bien réglée et s'il n'y a pas de perte appréciable d'humidité.

Si l'humidité relative est bien inférieure au point désiré, on fera bien d'examiner tout d'abord la température à la surface de l'appareil frigorifique. L'accumulation de givre sur la surface de refroidissement des serpentins ou tuyaux fournit la meilleure indication d'un écart excessif de température entre la surface de refroidissement et la température de la chambre. On peut éviter presque entièrement cette accumulation de givre ou d'humidité en agrandissant la surface de refroidissement et en relevant la température de la substance refrigérante.

Lorsque l'on a la certitude que la surface refroidissante ne dépouille pas l'air de son humidité, il faut ensuite vérifier les parois de l'entrepôt. Une calorifugation insuffisante tend à réduire l'humidité relative en dépouillant l'air de son humidité par condensation. Le givre ou l'eau qui s'accumule sur les surfaces des murs fournit la preuve de ce fait. Il se peut que les calorifuges ne soient pas bien protégés contre l'humidité. Si l'on soupçonne que cette protection est défectueuse, il faut examiner les substances calorifuges, ce que l'on fait en entaillant les murs à différents points. Si les calorifuges sont mouillés, il faudra les assécher parfaitement et imperméabiliser la surface avec une composition d'asphalte, du papier ou d'autres matériaux.

Il ne faut pas s'attendre à ce que l'humidité relative soit élevée quand la chambre de l'entrepôt n'est que partiellement remplie de pommes. Quand elle n'est qu'à moitié remplie ou encore moins, on peut aider à maintenir la bonne proportion d'humidité en arrosant les planchers ou en prenant d'autres moyens pour relever l'humidité de l'air.

Le problème de l'excès d'humidité relative se pose rarement. Quand il se produit, on peut toujours y remédier en réduisant la surface des serpentins et en augmentant l'écart de température.

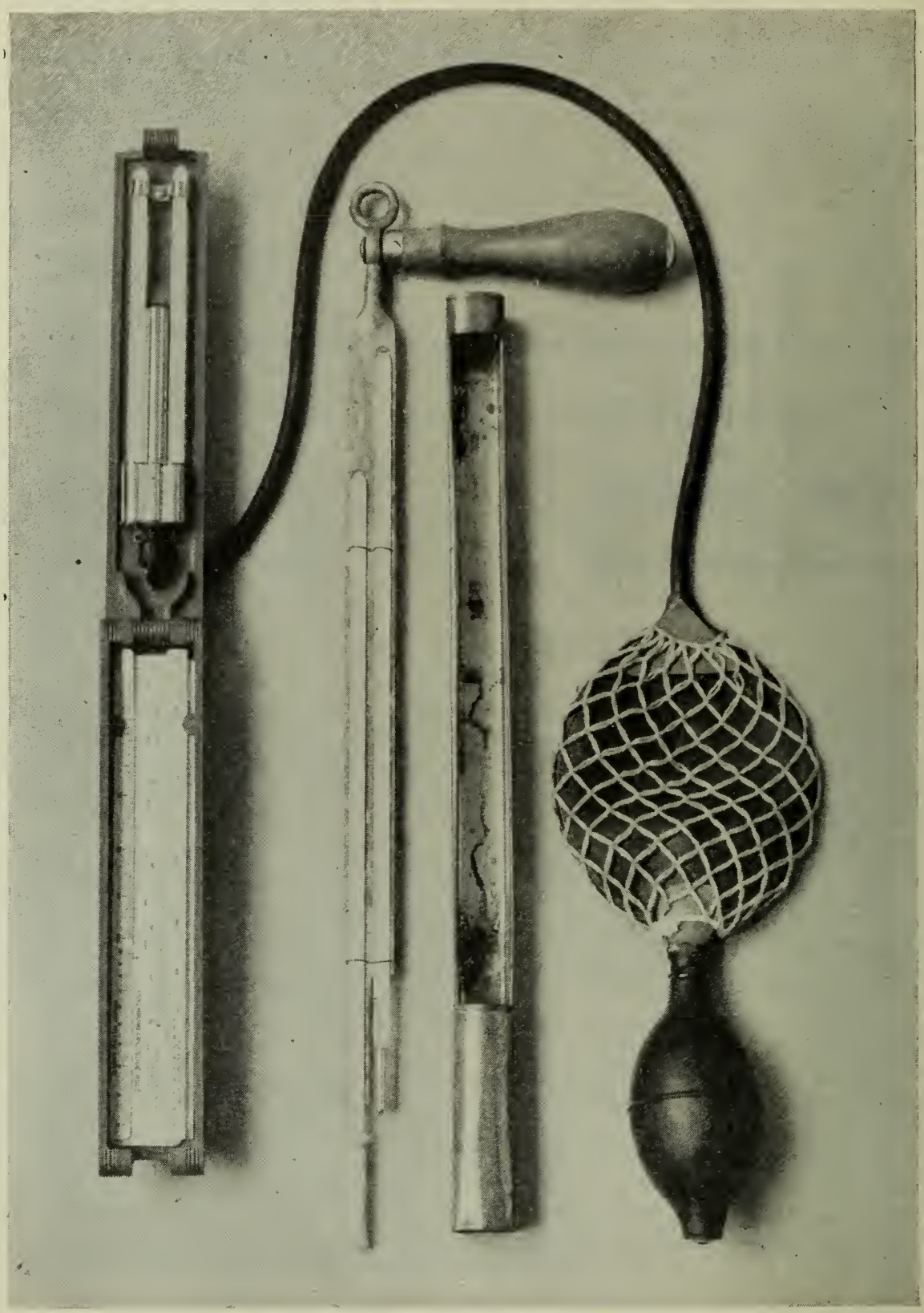

Fig. 7. Instruments à boule sèche et mouillée pour déterminer l'humidité relative. A gauche, psychromètre à aspiration, avec boule compressible. Au centre, psychromètre à fronde.

DURÉE DE LA CONSERVATION DES POMMES

La maturité exerce une telle influence sur la conservation ou la "vie" de la pomme que l'on ne saurait trop insister sur ce point. Nous avons déjà vu que la maturité au moment de la cueillette et de l'entreposage est le détail qui importe le plus pour assurer une bonne conservation.

Les procédés vitaux chez les pommes suivent un cycle bien défini. Ce cycle se caractérise par des changements dans la couleur de base de la peau, qui, de verte qu'elle était, devient jaune, la réduction de la concentration d'amidon, indiquée par l'essai d'iode, les changements dans les sucres et les aromates, indiqués par le goût. La couleur des pépins indique la maturité de ces pépins mais n'est pas toujours une indication fidèle de la maturité de la pomme. Ce cycle est régi par des facteurs physiologiques complexes.

Tant qu'elle est sur l'arbre, la pomme tire de la nourriture et se ressent des conditions de l'arbre et du sol. Lorsqu'elle est détachée de l'arbre à la cueillette elle devient une unité indépendante et séparée. Ce fait démontre clairement l'importance du degré de maturation. Il importe de savoir à quelle phase la pomme doit être cueillie pour qu'elle se conserve bien et retienne tout son goût. Si l'on étudie cette question plus à fond, on constate que le sucre ou les substances chimiquement reliées au sucre sont l'aliment principal qui fournit de l'énergie aux pommes. Sur l'arbre, dans la phase de développement du fruit, le sucre est converti en amidon par des procédés de condensation. Quand la nourriture fournie par l'arbre est insuffisante pour les besoins normaux du fruit, cette réserve d'amidon est reconvertie en sucre, qui est utilisée à son tour pour entretenir la vie.

Logiquement donc, lorsque le contenu d'amidon dans la pomme est au maximum, cette pomme devrait être dans le meilleur état pour la mise en entrepôt, et il en est bien ainsi, sauf chez quelques variétés, mais l'aptitude que possède le fruit de continuer à mûrir ne coïncide pas avec ce point. Sur quel indice faut-il donc se guider pour déterminer le meilleur point pour la conservation?

De tous les indices essayés, c'est la courbe de la respiration qui paraît être le meilleur. Le sucre qui est utilisé dans les cellules de la pomme se transforme en gaz carbonique et en eau, produisant ainsi l'énergie chimique nécessaire à l'entretien de la vie. En mesurant la production de gaz carbonique, on peut donc calculer la rapidité de l'utilisation du sucre et l'on obtient ainsi une mesure de la vitesse de la respiration.

Vitesse et courbes de la respiration

La figure 8 indique la vitesse de respiration des pommes McIntosh à une température ordinaire. On voit qu'il y a trois phases (1) croissance (2) maturation et (3) conservation. Quand les pommes McIntosh sont cueillies dans la première phase, la couleur de base est très verte, les fruits se ratatinent en entrepôt et ne mûrissent pas normalement. Quand elles sont cueillies au commencement de la deuxième phase, on obtient des résultats semblables, mais un peu meilleurs. C'est à la fin de la deuxième phase que l'on obtient les meilleurs résultats. C'est à ce point que la couleur de base verte change rapidement pour devenir jaune.

Il paraît y avoir un changement marqué dans le type de métabolisme entre la phase de maturation et celle de conservation. Les observations faites sur

des pommes McIntosh dans différentes circonstances portent à cette conclusion. Quand les pommes sont cueillies dans la phase de maturation (phase 2, fig. 8) et refroidies immédiatement à 32°F., le cœur rougit presque infailliblement. De même, l'exposition au bromure de méthyle dans cette phase est plus portée à abîmer les fruits. Même dans la conservation au gaz, il y a beaucoup plus de risques d'avaries par le gaz carbonique à cette phase. En laissant les pommes entrer dans la phase de conservation (phase 3, fig. 8) on supprime ces désordres.

Il semble donc que les pommes McIntosh récoltées au commencement de la phase de conservation sont celles qui devraient se conserver le mieux. En réalité le meilleur moment pour en faire la cueillette est au point critique marqué sur la figure 8 ou un peu après ce point. Quand elles sont cueillies à ce moment, la petite partie restante de la phase de maturation se termine avant que la température des pommes soit réduite à celle de l'entrepôt (32°F.). Le tableau des couleurs préparé par la Division de l'horticulture a pour but d'aider le producteur à déterminer lui-même ce point.

Il n'est pas toujours possible dans la pratique de suivre ces recommandations au sujet de la maturité, à cause de la difficulté que l'on éprouve à se procurer l'aide nécessaire, des conditions de température et d'autres raisons. Ce qu'il y a de mieux à faire est de trier les pommes à la cueillette et de laisser mûrir légèrement, avant de les rentrer, celles qui ne sont pas assez mûres. Les fruits trop mûrs devraient être refroidis immédiatement et vendus de bonne heure. Les pommes cueillies à la bonne phase de maturité sont celles qui méritent le plus d'attention parce que ce sont elles qui auront la meilleure qualité et qui, par conséquent, devraient aller aux consommateurs les plus exigeants.

L'effet de la température sur la vitesse de respiration

Si l'on étudie la courbe de la respiration (fig. 8) on voit qu'à mesure que la pomme vieillit, la respiration se ralentit et sa courbe se modifie. Ces deux traits sont très semblables, mais tous deux, indépendamment l'un de l'autre, servent de guide pour apprécier le développement du fruit.

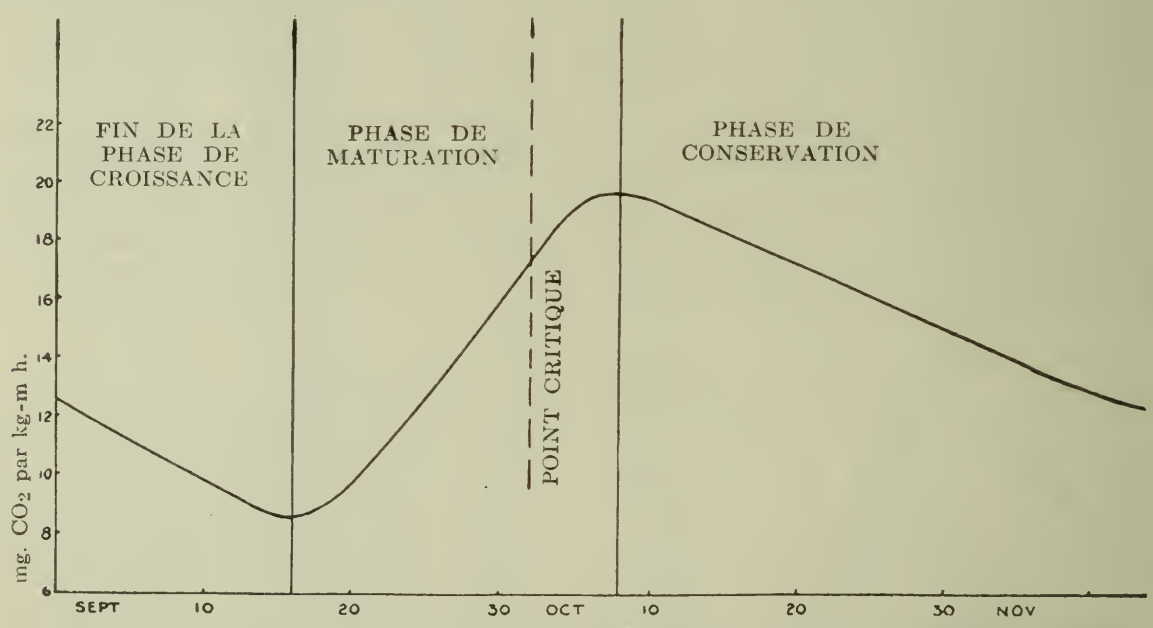

Fig. 8. Courbe de la respiration des pommes McIntosh pendant la cueillette. A noter que le point critique est atteint près de la fin de septembre. Pour que les pommes soient de la meilleure qualité posssible, elles ne devraient être cueillies qu'après ce point.

Lorsque les pommes sont exposées à une basse température, la courbe entière a une tendance à s'aplatir. Le haut point climatérique ou la bosse est moins accentué et le degré de descente dans la phase de la conservation n'est pas

aussi raide. En d'autres termes, l'abaissement de la température ralentit la vitesse du métabolisme ainsi que le vieillissement. Ce ralentissement du vieillissement peut être le résultat direct de la diminution du métabolisme, mais ce n'est pas le seul; il y a aussi d'autres causes, trop compliquées pour que cette simple explication puisse suffire. Il y a une certaine similarité entre l'effet de la température sur la maturité par comparaison à la vitesse du métabolisme, mais l'accord n'est pas parfait. Par exemple, à 46°F. l'émission de gaz carbonique est près de deux fois plus forte qu'à 37°F. mais la durée de conservation n'est pas nécessairement moitié moins longue à la température plus élevée.

Changements de qualité pendant la conservation (McIntosh)

La figure 9 indique le taux de production de gaz carbonique par des pommes McIntosh à des températures variant de 32°F à 55°F. Ces valeurs ont été établies dans la phase post-climatérique sur les mêmes pommes, en tenant compte de la variation normale. Elles fournissent une indication à peu près aussi exacte qu'il est possible de l'avoir de l'effet de la température.

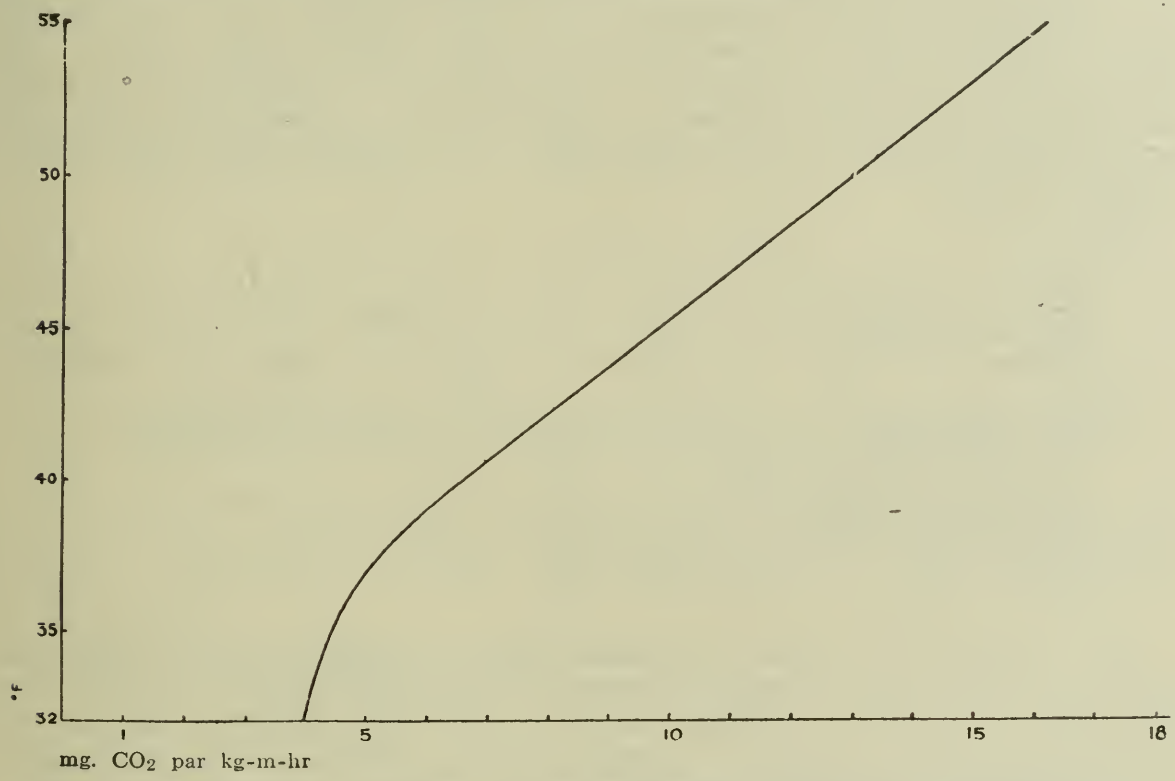

Fig. 9. Vitesse de la respiration des pommes McIntosh à différentes températures.

Le point important que fait ressortir la fig. 9, c'est que l'abaissement de la température à 39°F. entraîne une forte réduction dans l'exhalaison d'acide carbonique. Au-dessous de cette température, la diminution constatée dans l'exhalaison d'acide carbonique est moins marquée, pour chaque diminution proportionnelle de température. La valeur pratique de cette constatation c'est que la température des pommes McIntosh devrait être abaissée le plus rapidement possible au moins à 40°F., plus le refroidissement est rapide, mieux cela vaut. Passé ce point, la rapidité du refroidissement a beaucoup moins d'importance. Cette règle s'applique, avec quelques modifications, à d'autres variétés. Il est intéressant de noter également que cette température (40°F) paraît être la température critique approximative pour le développement du cœur rougeâtre. Nous avons déjà vu que le cœur rougeâtre chez les pommes McIntosh se développe à 36°F. ou au-dessous de ce point, mais jamais à 39° ou au-dessus de ce point pendant la durée normale de conservation.

Par qualité on entend généralement une combinaison de facteurs, comme la texture et les différents goûts, qui font que la pomme est bonne pour la consommation. Le développement et le maintien de la qualité sont les considérations les plus importantes dans la conservation des pommes, mais ce sont aussi celles dont l'appréciation est la plus difficile.

On a dit que le maximum de qualité chez une pomme McIntosh se rencontre dans un fruit à texture croquante, ayant une légère acidité et un arome prononcé. A la cueillette la texture est généralement un peu ligneuse ou grumeleuse. Elle devient croquante, puis tendre et enfin farineuse et sèche. Le goût, d'abord acide, devient graduellement doux ou sucré et l'acidité disparaît entièrement, ne laissant qu'un goût plat et doux. Les aromates qui donnent du caractère à une variété sont les plus difficiles de tous à définir. Ils se développent rapidement après la cueillette et disparaissent tout aussi rapidement si la conservation est négligée.

C'est à cause de ces faits qu'il est difficile d'apprécier la qualité. Un autre point c'est que la qualité ne peut être mesurée mécaniquement. Le seul moyen de la déterminer est par la dégustation dont les résultats varient extrêmement d'une personne à l'autre et même, de temps à autre, chez le même individu. En dépit de ces difficultés, on a essayé une appréciation de la qualité qui paraît être raisonnablement constante et sûre. Les dégustateurs ont basé leur appréciation sur un pointage total de 10. Les déductions sur le pointage total sont faites de la façon suivante:

Texture—		
croquante	0	
tendre	2	
ligneuse ou grumeleuse	2	(si la pomme n'était pas mûre)
légèrement farineuse	5	
farineuse	8	
Goût ou saveur—		
acide, sans arome	2	
aromatique, doux	0	
aromatique, légèrement acide	0	
modérément aromatique	1	
légèrement aromatique	3	
insipide—doux	4	
insipide	5	
tout mauvais goût	10	

Si le dégustateur classait une pomme dans la catégorie tendre, légèrement aromatique, cette pomme aurait un pointage de 5 (10-2-3=5). On voit donc qu'une pomme ayant un pointage inférieur à 5 serait pauvre et ne pourrait être marquée comme un fruit de première qualité. D'autre part un pointage de 7 ou plus indique une bonne qualité.

On voit à la figure 10 la courbe de la qualité comestible d'une pomme McIntosh à trois différentes températures de conservation (32, 36, 39°F.). Un trait à noter en ce qui concerne l'effet de la variation de température, c'est qu'une basse température (32°F.) tend à maintenir une bonne texture, un peu au détriment du goût. Si l'on abaisse la température des pommes McIntosh à 32°F. avant le développement des goûts aromatiques, ces goûts ne se développent pas autant qu'à 36°F. ou 39°F. Une autre caractéristique de la McIntosh est qu'à 32°F. le changement de couleur, de vert à jaune, est loin d'être aussi rapide qu'à la température plus élevée. En fait, quand les pommes sont cueillies trop vertes, aucun changement de couleur ne se produit pendant la conservation à cette température. Par contre, à une température élevée, le goût se développe mieux mais il y a détérioration de texture. A 36°F. et 39°F. les pommes ont une tendance à s'amollir et à devenir farineuses, tandis qu'elles possèdent encore une quantité raisonnable de saveur.

En considérant les courbes de la qualité générale dans la figure 6, il est à noter qu'à 32°F. la courbe n'est pas la même qu'à 36°F. ou 39°F. La qualité n'atteint jamais le maximum de 10 points à 32°F. La qualité maximum est atteinte en décembre, et tombe graduellement jusqu'à 7 points. Ce pointage est maintenu jusque vers la fin de février, après quoi il y a un déclin rapide. A 36°F. et 39°F. on constate un progrès plus rapide vers un maximum de 10. Ce maximum est maintenu pendant un temps relativement court, après quoi il y a diminution rapide de qualité.

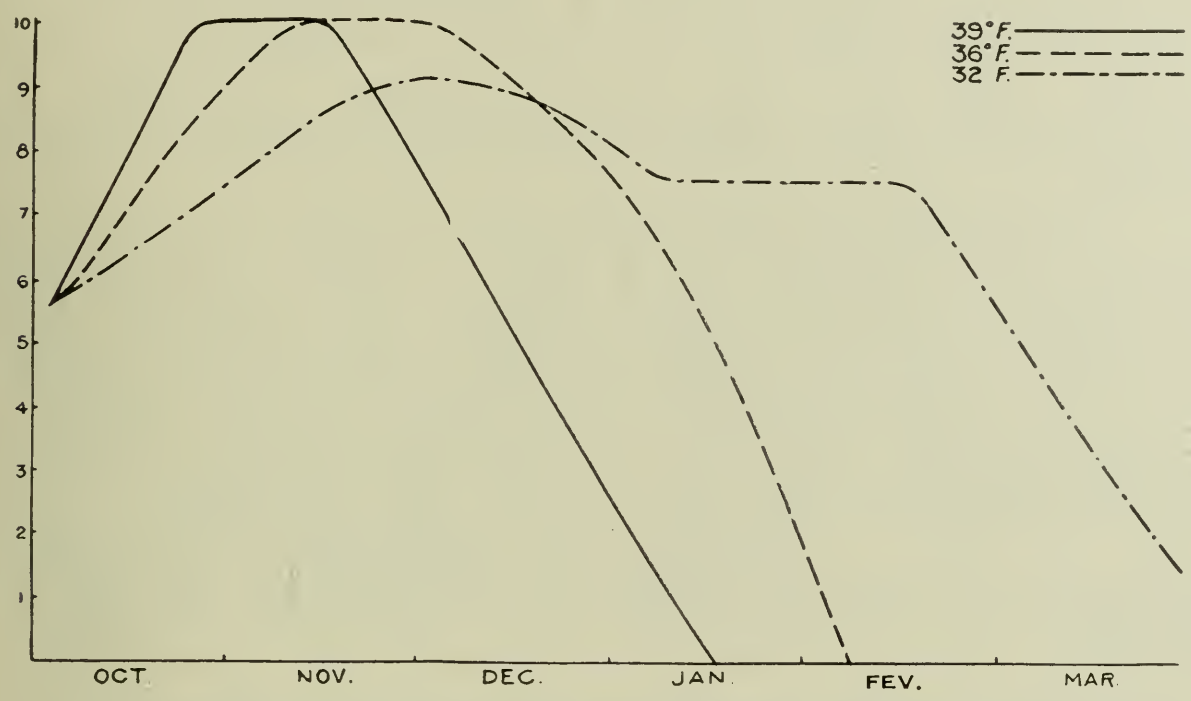

Fig. 10. Courbe approximative de la qualité comestible des pommes McIntosh à trois températures différentes de conservation (qualité maximum, 10).

En ce qui concerne la qualité, la fin de la conservation en entrepôt devrait être le point où la qualité accuse une détérioration rapide. Une limite absolue est quand la valeur de 5 est atteinte. Ces deux points pour chaque température sont les suivants:

39°F. fin de novembre—mi-décembre,
36°F. première semaine de décembre—mi-janvier,
32°F. mi-février—1er mars.

Rappelons-nous toutefois que ces points sont influencés par les facteurs qui précèdent la conservation, comme la méthode d'entreposage, les genres de contenants, etc. En outre, quoique ceci marque la fin de la période de conservation en ce qui concerne la qualité, les pommes ont encore une excellente apparence. Il est fort regrettable que ces pommes soient mises en vente, car elles causent de gros désappointements aux consommateurs.

En ce qui concerne les autres variétés, il est probable que la perte de qualité est la même; c'est naturellement le temps qui fait la différence principale. Il est à noter également que les variétés qui possèdent normalement des goûts plus développés peuvent perdre beaucoup plus de leur qualité avant d'être immangeables.

Apparition des désordres physiologiques

En parlant de la vitesse de la respiration en entrepôt, nous avons dit que le gaz carbonique est exhalé comme produit final du métabolisme. Ce n'est pas là, bien entendu, une simple réaction chimique, mais une série de nombreuses réactions. Dans des circonstances normales, l'amidon est la substance de réserve

dans ces réactions métaboliques. Cet amidon est à son tour converti en différents sucres, lesquels sont oxydés en composés plus simples, qui finalement s'échappent sous forme de gaz carbonique et d'eau. L'entrée d'acides et d'autres composés chimiques complique encore la situation. Toutes ces réactions sont délicatement réglées par les enzymes.

Il est donc raisonnable de supposer que si ces réactions sont ralenties par l'exposition à une basse température, des résultats compliqués peuvent s'ensuivre. Par exemple, si les réactions du sucre sont ralenties plus que celles de l'amidon, une accumulation de sucre se produit. Au lieu de s'accumuler ce surplus peut entrer dans une autre phase de réaction, résultant en la formation de substances délétères. D'autre part un effet inverse de température peut se produire, les sucres deviennent rares et la pomme doit décomposer pour vivre des matériaux essentiels à la structure des cellules et les résultats de ce procédé sont également délétères.

L'amollissement qui se produit parfois dans les pommes placées en entrepôt froid s'explique fréquemment sur ces principes. Par exemple on a constaté que la brûlure superficielle consiste en une avarie aux cellules de la peau, causée par la présence d'acétaldéhyde. Cette acétaldéhyde a été produite par les tissus eux-mêmes et comme elle est toxique elle détruit les cellules de la peau. Normalement, à une température plus élevée, cette substance n'aurait pas été produite. C'est là un exemple d'un désordre physiologique provenant de l'exposition à une basse température, et c'est ainsi que les désordres physiologiques terminent la vie de beaucoup de variétés dans l'entrepôt. Parmi ces désordres il y a la brûlure superficielle, le rougissement du cœur, l'amollissement de la basse température, etc. On trouvera les descriptions de ces désordres et les traitements recommandés, etc., dans un autre bulletin sur les désordres fonctionnels des pommes.*

---

* Désordres fonctionnels des pommes, C. A. Eaves et H. Hill—pub. 694. Bulletin technique 28, Dominion du Canada, Ministère de l'Agriculture.

ATMOSPHÈRE DE L'ENTREPÔT

Les conditions atmosphériques de l'entrepôt jouent un rôle important dans la conservation des pommes. L'atmosphère se compose essentiellement d'azote, d'oxygène et de petites quantités de gaz carbonique. Il y a aussi une quantité variable d'eau, dont nous avons déjà parlé dans le chapitre de l'humidité. L'air de l'entrepôt peut aussi être contaminé par les gaz exhalés par les pommes, les moisissures ou d'autres substances; ces gaz peuvent être à leur tour absorbés par les tissus des pommes et il en résulte le développement de mauvais goûts ou de désordres.

La détérioration du goût des pommes n'est pas aussi commune que dans les produits laitiers, particulièrement la crème et le beurre. Chez ces derniers produits ce sont les pommes qui sont généralement les causes des mauvais goûts. Les graisses sont aussi de bons absorbants. Lorsque les pommes sont conservées avec du beurre, ce dernier peut prendre un goût de pommes, mais l'on a vu des pommes prendre un goût de pommes de terre lorsqu'elles étaient conservées avec ces dernières. Ce sont cependant les moisissures qui sont la grande cause des mauvais goûts. Lorsqu'on laisse des pommes pourries sur le plancher de l'entrepôt et que celles-ci moisissent, elles affectent les pommes saines.

Presque toutes les matières vivantes exhalent des substances volatiles qui sont plus ou moins nuisibles au goût. On ne devrait donc conserver qu'un genre de produit dans un même local. Toutes les moisissures et les pourritures devraient être enrayées ou supprimées. Le maintien de l'entrepôt en état frais et propre paye de bons dividendes sous ce rapport.

Une autre avarie provoquée par d'autres gaz dans l'air est d'un genre physiologique. On sait depuis longtemps par exemple que le gaz d'éthylène fait mûrir les tomates, les bananes et les autres fruits. Ce gaz est engendré par des pommes mûres et aussi par d'autres fruits. On sait que les pommes mûres dans un entrepôt activent la maturation des fruits moins mûrs. Il est possible que ce danger ne soit pas très grand au Canada, mais de toute façon il vaut mieux, quand on veut retarder la maturation, séparer les pommes moins avancées en maturité de celles qui sont plus mûres.

Conservation dans une atmosphère réglée (Conservation au gaz)

Ce genre de conservation consiste en l'emploi d'une plus forte concentration de gaz carbonique et d'une plus faible concentration d'oxygène que celle que l'on trouve normalement dans l'air où les fruits sont conservés. Ces conditions atmosphériques sont généralement utilisées en combinaison avec la réfrigération ou les basses températures. Nous avons vu plus haut qu'au cours de leur métabolisme normal les pommes exhalent de l'acide carbonique et dégagent de l'oxygène. Quand on peut retarder ces procédés métaboliques, comme on le fait avec les basses températures dans l'entrepôt, la vie des pommes est prolongée. On a constaté qu'une plus forte proportion d'acide carbonique et une proportion réduite d'oxygène exercent un effet semblable à celui de l'abaissement de la température. Ce sont là cependant des conditions qu'il faut régler, tout comme la température.

Le moyen pratique d'appliquer ce principe d'une atmosphère anormale à la conservation consiste tout simplement à mettre les fruits dans une chambre réfrigérée, imperméable au gaz. Il faut aussi un réglage ou contrôle. On l'obtient au moyen d'un appareil qui détermine la concentration des gaz et aussi d'un appareil de ventilation, simple et réglé. C'est là fondamentalement tout ce qui est nécessaire dans la construction d'un entrepôt à atmosphère réglée.

Pour la conduite de cet entrepôt, on fait des déterminations quotidiennes de l'acide et du gaz carbonique, et parfois aussi de la teneur en oxygène. Lorsque

la concentration de ces gaz atteint le point prescrit pour la variété de fruits entreposés, on pratique la ventilation au moyen d'un petit ventilateur à soufflet. On trouvera plus loin de plus amples détails sur la construction et la conduite de ce genre d'entrepôt.

Avantages de la conservation dans une atmosphère réglée

Les avantages que présente ce genre de conservation sont nombreux et variés. Le premier est que la pomme se conserve plus longtemps. Ce n'est pas là cependant l'avantage le plus important. D'après les résultats des essais conduits sur la variété McIntosh, des pommes sorties en février de l'entrepôt à gaz tenu à 39°F. étaient encore en parfait état. On a vu par les graphiques précédents que le mois de novembre est le dernier mois dans lequel ces conditions peuvent être obtenues dans l'entrepôt ordinaire à cette température. On obtient en outre un maximum de qualité, que l'on a rarement dans les entrepôts à température plus basse.

Un autre avantage de la conservation dans une atmosphère réglée et peut-être le plus important, c'est que l'on peut enrayer, sans réduire la durée de la conservation, les désordres physiologiques qui s'associent à une basse température. Par exemple on a éprouvé des difficultés à conserver jusqu'à la fin de décembre à 32°F. des pommes Cox Orange Pippin sans avoir d'amollissement causé par le froid. (A une température plus élevée la conservation en entrepôt est relativement courte.) Cette variété s'est bien conservée à 39°F. dans une atmosphère réglée jusqu'en janvier, sans amollissement et sans perte appréciable de qualité.

Un autre exemple de ce genre nous est fourni par la conservation des pommes McIntosh. Très souvent cette variété souffre d'un désordre physiologique appelé rougissement du cœur *(core flush)* (voir description sous l'en-tête désordres d'entrepôt). Ce désordre se rencontre plus souvent chez les grosses pommes molles, qui se sont développées sur de jeunes arbres avec une abondance d'azote.

Il s'est fait beaucoup de recherches sur la conservation des pommes McIntosh à une atmosphère réglée pour prévenir ce rougissement du cœur. Toutes les preuves obtenues montrent qu'il est possible d'enrayer à peu près complètement ce désordre dans les pommes McIntosh au moyen d'une atmosphère réglée. On y est parvenu sans raccourcir en rien la durée de la conservation, par comparaison à l'entrepôt froid ordinaire à 32°F. En d'autres termes si l'on employait commercialement la conservation dans une atmosphère réglée, les McIntosh pourraient se vendre tout aussi longtemps que dans les conditions actuelles ou peut-être plus longtemps et l'on n'aurait pas de cœur rouge. Les résultats consignés au Tableau 1 sont typiques sous ce rapport. Ils montrent pour 1937-38 une comparaison entre des pommes de différentes grosseurs venant de vergers modérément prédisposés au rougissement du cœur. Les résultats de 1938-39 proviennent de deux parcelles d'essai qui avaient produit une très forte proportion de cœur rouge dans le passé. On voit que le rougissement du cœur a été prévenu dans tous les cas. Le seul cas où il se soit produit est indiqué sous le titre "prédisposé au rougissement du cœur" "A" (Tableau 1). Ces fruits provenaient d'une parcelle qui recevait une quantité excessive d'azote, condition que l'on ne trouve pas dans un verger commercial ordinaire. Même dans ces conditions cependant on voit que la quantité de cœur rouge est petite (4%).

Un autre désordre qui est réduit dans un entrepôt à atmosphère réglée est la flétrissure ou le ratatinement. Nous avons vu dans un autre chapitre que l'humidité des pommes passe dans le local de l'entrepôt. Quand on peut la retenir dans le local, on prévient une nouvelle perte d'humidité. Les deux causes de perte d'humidité sont la condensation sur les tuyaux de réfrigération ou les surfaces de refroidissement, ou le passage à l'extérieur à travers les murs ou la porte. Quand la chambre est hermétiquement fermée, cette dernière avenue

pour la sortie de l'humidité est supprimée. L'enlèvement de l'humidité par la condensation peut être prévenu par des moyens mécaniques.

On a constaté également qu'au sortir d'un entrepôt à atmosphère réglée, les pommes se conservent plus longtemps que celles sortant d'un entrepôt ordinaire. Pendant la dernière partie de janvier des pommes McIntosh sortant d'un entrepôt ordinaire exhibent généralement des symptômes de texture farineuse et de perte de goût au bout d'environ cinq jours à environ 65°F. Conservées dans une atmosphère réglée, les mêmes pommes, quoique paraissant être à peu près dans le même état à la sortie de l'entrepôt, n'atteignent cette phase que huit à neuf jours plus tard que celles qui sortent d'un entrepôt ordinaire.

Nous avons mentionné les bons effets ou les avantages d'une atmosphère réglée, mais il y a des désavantages qu'il convient d'indiquer également. Un inconvénient, assez discutable du reste, est le développement de la brûlure superficielle. On croit généralement que ce désordre est plus apparent dans une atmosphère réglée, ou du moins on l'a constaté dans certaines années d'expérimentation. Quoi qu'il en soit, on peut très bien prévenir ce désordre au moyen d'enveloppes ou de bandes de papier huilé. Si les pommes doivent être conservées dans une atmosphère réglée il est même préférable de se servir de papier huilé.

Tableau I—Réglage de l'atmosphère pour prévenir le cœur rouge chez les pommes McIntosh

Provenance des matériaux	Grosseur des pommes	Année	Genre d'entrepôt	Température	Durée de la conservation avant l'examen	Pourcent de cœur rouge
Verger régulier.....	$2\frac{1}{2}''$ et plus	1937	ordinaire	32° F	147 jours	73·2
	$2\frac{1}{4}''-2\frac{1}{2}''$	—	—	—	—	35·0
	$2\ ''-2\frac{1}{4}''$	—	—	—	—	16·0
	$2\frac{1}{2}''$ et plus	—	atmosphère réglée	39° F	147 jours	0
	$2\frac{1}{4}''-2\frac{1}{2}''$	—	—	—	—	0
	$2\ ''-2\frac{1}{4}''$	—	—	—	—	0
Exposé au cœur rouge.....	A. $2\frac{1}{2}''-2\frac{3}{4}''$	1938	ordinaire	32° F	116 jours	38·0
	$2\frac{1}{2}''-2\frac{3}{4}''$	—	atmosphère réglée	39° F	116 jours	4·0
	B. $2\frac{1}{2}''-2\frac{3}{4}''$	1938	ordinaire	32° F	116 jours	16·6
	$2\frac{1}{2}''-2\frac{3}{4}''$	—	atmosphère réglée	39° F	116 jours	0

Un autre détail c'est que, lorsque la chambre est fermée, elle doit le rester longtemps, et les pommes et la chambre d'entrepôt ne peuvent être examinées pendant ce temps. Cependant quand les fruits sont de bonne qualité et que l'on se sert d'indicateurs montrant la température extérieure, il ne devrait pas en résulter de désordres ou d'inconvénients.

Choix du mélange de gaz

La concentration de gaz carbonique et d'oxygène dans un entrepôt à atmosphère réglée est tout aussi importante que le maintien de la bonne température dans un entrepôt ordinaire. La théorie veut que le gaz carbonique opère sur la pomme à peu près de la même façon qu'un narcotique ou qu'une drogue. Le métabolisme du fruit est réduit à un bas point, tout comme celui d'un individu qui dort ou qui est sous l'effet de certaines drogues. La réduction d'oxygène ralentit la vitesse du métabolisme, mais d'une façon différente. Comme la plupart des réactions qui se produisent exigent de l'oxygène, ou sont d'une nature oxydante, il s'ensuit naturellement qu'elles sont ralenties quand l'oxygène est réduit. Le grand facteur donc est d'équilibrer ce double effet d'une forte proportion de gaz carbonique et d'une faible proportion d'oxygène de telle façon que les pommes n'en souffrent pas.

Le seul moyen pratique de déterminer ce point est d'exposer les pommes de différentes variétés cultivées dans différentes conditions, etc., à des concentrations de gaz carbonique et d'oxygène pendant la conservation. On peut trou-

ver, par examen le mélange de gaz qui donne les meilleures conditions de conservation. C'est de cette façon que les recherches ont été faites. Après avoir trouvé le meilleur mélange de gaz sur une petite échelle, on conduit des essais semi-commerciaux sur une plus grande échelle et l'on fait des recommandations en conséquence.

Les résultats obtenus ont démontré que les mélanges de gaz se divisent en deux groupes principaux: (1) mélanges normaux de gaz et (2) mélanges sous-normaux de gaz. Dans le premier l'augmentation de gaz carbonique est égale à la réduction de l'oxygène. Dans le dernier, l'augmentation de gaz carbonique est bien inférieure à la diminution de l'oxygène. Une méthode facile de différencier ces deux groupes est de faire le total du gaz carbonique et de l'oxygène. Si ce total est de 21, le mélange est normal. S'il est inférieur à 21, le mélange est sous-normal.

Il est plus facile d'obtenir des mélanges normaux de gaz et ils exigent aussi moins d'étanchéité. C'est parce que les pommes ont un quotient respiratoire de un, c'est-à-dire que pour chaque unité d'oxygène employée une quantité égale de gaz carbonique est exhalée. Par conséquent, comme il y a à peu près 21 p. 100 d'oxygène dans l'air la somme totale des pourcentages de gaz carbonique et d'oxygène dans la chambre fermée reste généralement à 21. Par exemple si les pommes sont mises dans une chambre hermétiquement fermée jusqu'à ce qu'il y ait une accumulation de 7 p. 100 de gaz carbonique, l'oxygène sera réduit à 14 p. 100 parce qu'une quantité équivalente (7 p. 100) a été utilisée pour les pommes.

D'autre part si un mélange normal n'est pas satisfaisant comme il peut arriver, il faut enlever une partie du gaz carbonique. On le fait généralement au moyen d'un épurateur de la façon suivante: on fait passer l'air du local de l'entrepôt à travers une pulvérisation caustique jusqu'à ce qu'une quantité suffisante de gaz carbonique ait été enlevée pour obtenir la concentration de gaz désirée. Il en résulte naturellement une pression d'aspiration dans les chambres, nécessitant une meilleure imperméabilisation contre le gaz.

Construction de la chambre à gaz

La dimension de la chambre ne paraît pas être un facteur important au point de vue de la manipulation. Si l'on choisit une grande chambre, il faudra tout simplement une plus grande capacité de ventilation ou d'épuration. Il est essentiel cependant de tenir un certain compte de la dimension.

En premier lieu la chambre devrait être aussi complètement remplie que possible. Lorsqu'elle est bien remplie le rapport entre le volume de l'air et la quantité de pommes est réduit et il est plus facile dans ce cas d'obtenir les conditions atmosphériques désirées. Un autre détail est que le rapport entre la surface de la chambre et le volume des fruits est réduit également et ceci fait compensation pour les pertes de gaz qui peuvent se produire quand la chambre n'est pas très étanches. En vue de ces faits, on fera bien de choisir une chambre de la dimension voulue pour qu'elle puisse être bien remplie.

Un autre détail à noter, c'est que l'atmosphère réglée est principalement employée pour les conservations de longue durée, et c'est pourquoi la chambre ou les chambres devraient être d'une grandeur suffisante pour emmagasiner les fruits destinés au marché plus tardif.

Pour rendre la chambre à gaz étanche

Il y a deux systèmes employés à l'heure actuelle. Le meilleur, mais aussi celui qui coûte le plus cher, est la doublure en métal. Une feuille de métal d'un calibre de 28 est bonne; elle est essentielle pour les atmosphères sous-normales. Nous avons déjà vu que ces mélanges de gaz sont provoqués par l'absorption du gaz, causant des pressions d'aspiration dans la chambre. Le deuxième système pour rendre la chambre étanche consiste à appliquer des peintures étanches ou des composés spéciaux. Ce système revient moins cher et il est tout aussi bon pour les mélanges normaux de gaz et d'oxygène.

(1) Doublure en métal

Les feuilles de métal sont simplement clouées aux colombages avec un chevauchement de $1\frac{1}{2}$-2″. Les jointures sont bien remplies avec un composé de calfeutrage. On se sert pour cela de clous à grosse tête qui, naturellement, doivent être mastiqués ou recouverts d'un composé étanche au gaz. On n'emploie que juste assez de clous pour faire une construction solide; des espacements de $1\frac{1}{2}$-$2\frac{1}{2}$″ devraient être bien suffisants. On peut souder les jointures au lieu de clouer le chevauchement. Quand on le fait on devrait faire une jointure d'un type à toiture à chevauchement double pour empêcher les jointures de se briser par suite de l'expansion ou de la construction du métal.

Le plancher doit avoir un sous-plancher en bois, sous la feuille de métal. Il aurait ainsi assez de force pour porter le poids des fruits sans se courber ou se déplacer. Tout mouvement peut causer une torsion du métal et il en résulterait une perte de gaz.

C'est une bonne précaution que de peindre parfaitement toutes les surfaces en métal avec une peinture anti-corrosive. Théoriquement les métaux dans la chambre d'entrepôt devraient être plus exposés à la corrosion que dans les chambres d'entrepôt ordinaires. Cette supposition se base sur le fait que dans une chambre à atmosphère réglée il y a naturellement un état de haute humidité relative avec une forte proportion de gaz carbonique.

Cette combinaison fournit une excellente occasion pour la formation d'acide carbonique (CO_2 dans l'eau). On n'a pas constaté cependant que les surfaces en métal se corrodent plus dans un local à atmosphère réglée que dans les autres chambres d'entrepôt.

(2) Peintures étanches au gaz

Suit une description de la méthode employée pour la construction d'une chambre à atmosphère réglée et pour son entretien à la Division de l'horticulture, Ferme expérimentale centrale, Ottawa. On s'est servi de certaines préparations commerciales appelées "Sealapore", "Nerolac" et "Arcomastic", mais elles ne sont pas spécifiquement recommandées. Elles se sont montrées très utiles mais il peut y avoir d'autres produits commerciaux qui auraient été tout aussi bons.

La chambre a un plafond et des murs plâtrés et un plancher de béton. La première chose que l'on a faite a été de rendre toutes ces surfaces imperméables à la diffusion du gaz carbonique et de l'oxygène. On a enlevé pour cela la porte et le cadre de la porte; on a enlevé également tous les raccordements et les contacts électriques ou on les a enfoncés sous la surface des murs et du plafond pour qu'ils puissent être recouverts de plâtre. Les serpentins à saumure ont été disjoints et démontés. Sur les planchers, murs et plafonds, on a appliqué deux bonnes couches de peinture d'aluminium. Sur le plancher on a mis de la peinture à plancher (au lieu de peinture d'aluminium) pour préserver la surface de Nerolac. Tous les trous et les espaces qui se trouvaient dans le plafond là où des serpentins à saumure étaient tenus en place, ont été remplis de vaseline. Les chevilles ont été insérées et l'espace qui restait a été rempli d'Ascomastic. On a garni également toutes les jointures et rondelles de caoutchouc pour les rendre étanches au gaz, puis les serpentins de saumure ont été rassemblés et rejoints.

Pour assurer l'étanchéité de la porte

Le cadre de la porte a été ensuite remonté et toutes les jointures bouchées avec de la vaseline. Tous les gros espaces ont été recouverts de papier plâtré de vaseline, puis le cadre et les portes ont été remis en place et tous les espaces ou interstices autour du cadre ont été enduits de vaseline et recouverts d'Arcomastic.

Pour rendre la porte étanche au gaz, un joint spécial gonflé a été nécessaire. On l'a obtenu en vulcanisant ensemble plusieurs chambres d'air à bicyclette de la meilleure qualité. Ce joint a été cimenté sur un cadre de 2 pouces par

2 pouces qui a été mis à l'intérieur et tout autour du cadre ordinaire de la porte, en laissant un espace d'environ ½ pouce à ¾ de pouce entre le cadre et la face intérieure de la porte de l'entrepôt. La tige de sortie de la valve a été passée à travers les côtés du cadre de la porte, mais comme elle était trop courte pour atteindre l'extérieur, une extension a été posée pour faciliter le gonflement du joint. Le dos de la porte de l'entrepôt a été revêtu de tôle galvanisée du calibre N° 16, les joints bien soudés. La tige du loquet, là où elle faisait saillie à l'intérieur, a été recouverte, après l'enlèvement du bouton, d'un chapeau de tôle galvanisée qui a été hermétiquement scellé avec de la vaseline à la surface de la porte. On peut donc l'enlever aisément de l'intérieur, et il n'y a pas à craindre qu'une personne reste enfermée dans la chambre.

Raccordements électriques, conduites de gaz, etc.

Pour le passage des fils électriques, etc., des manchons ont été faits avec du tuyau de fer noir de 2 pouces, et insérés dans le mur extérieur de l'entrepôt, de telle façon que les orifices intérieurs et extérieurs étaient à affleurement de la surface du mur. On s'est procuré des bouchons de caoutchouc pour chaque bout de manchon. Les fils ont ensuite été passés à travers le manchon, et plus tard insérés au moyen d'une fente, dans les trous percés dans le bouchon de caoutchouc. Ce bouchon de caoutchouc, inséré dans le tuyau et enduit de vaseline faisait un joint imperméable au gaz. Tous les interstices autour du fil de fer dans le manchon ont été remplis d'Arcomastic. Les fils de fer et les tuyaux passant dans ce manchon étaient les suivants:—

1 câble électrique pour les relevés de température.
1 câble électrique pour l'éclairage.
1 tuyau pour soutirer le gaz, pour en faire l'analyse.
1 câble électrique pour le contrôle du thermostat.

Appareil de ventilation

Pour la ventilation on a passé à travers le même mur que les conduites déjà mentionnées deux tuyaux en fer galvanisé de 3″—un pour l'entrée de l'air et l'autre pour la sortie. Le tuyau d'entrée était prolongé jusqu'à l'arrière de la chambre d'entrepôt et pourvu à l'extrémité extérieure d'un capuchon de métal s'ajustant étroitement. Le tuyau de sortie d'air se prolongeait juste à travers le mur de l'entrepôt. On a inséré à l'extrémité extérieure de ce tuyau un registre mobile, très près du mur, et au delà de ce registre le tuyau a été élargi pour recevoir un petit ventilateur électrique. Quand la chambre doit être ventilée on enlève le capuchon qui recouvre le tuyau d'entrée, on ouvre le registre de sortie et on met le ventilateur en marche. On soutire ainsi de l'air de la chambre qui est remplacé par de l'air venant du dehors.

Pour les mélanges d'oxygène sous-normaux il a fallu installer, en plus des appareils précédents, un épurateur pour enlever le gaz carbonique sans admettre de l'oxygène. Les détails de ces deux genres de ventilation sont donnés dans les paragraphes suivants:

Analyse du gaz

Il est essentiel de vérifier la concentration de gaz carbonique (ainsi que d'oxygène dans le cas où la proportion d'oxygène est sous-normale) toutes les vingt-quatre heures. Cette vérification n'exige que quelques moments et elle peut aisément être faite au moyen du nitromètre Lunge. Une description de ce procédé est donnée dans la figure 11 et dans les paragraphes qui suivent.

En pressant la boule B à plusieurs reprises la ligne A de la chambre d'entrepôt est remplie de gaz de cette chambre. Quand tout l'air contaminant a été pompé par ce moyen, on peut en tirer un échantillon dans la burette C. Il faut pour cela que la burette soit remplie d'eau tirée de la boule de nivellement D. On le fait en tournant le robinet d'arrêt E pour ouvrir le port F et en élevant la boule de nivellement D jusqu'à ce que la burette C soit complètement remplie

d'eau et qu'une légère quantité de cette eau entre dans la boule H. Puis l'on tourne E jusqu'à ce que le port G soit ouvert à la burette. On soutire un échantillon d'air en abaissant la boule de nivellement. En tenant cette boule de nivellement près de la burette, on mesure un échantillon de gaz de 50 cc., en s'assurant que le niveau d'eau est à la marque 50 et que ce niveau est à effleurement de l'eau dans la boule de nivellement. On tourne ensuite le robinet d'arrêt E pour que les deux ports soient fermés.

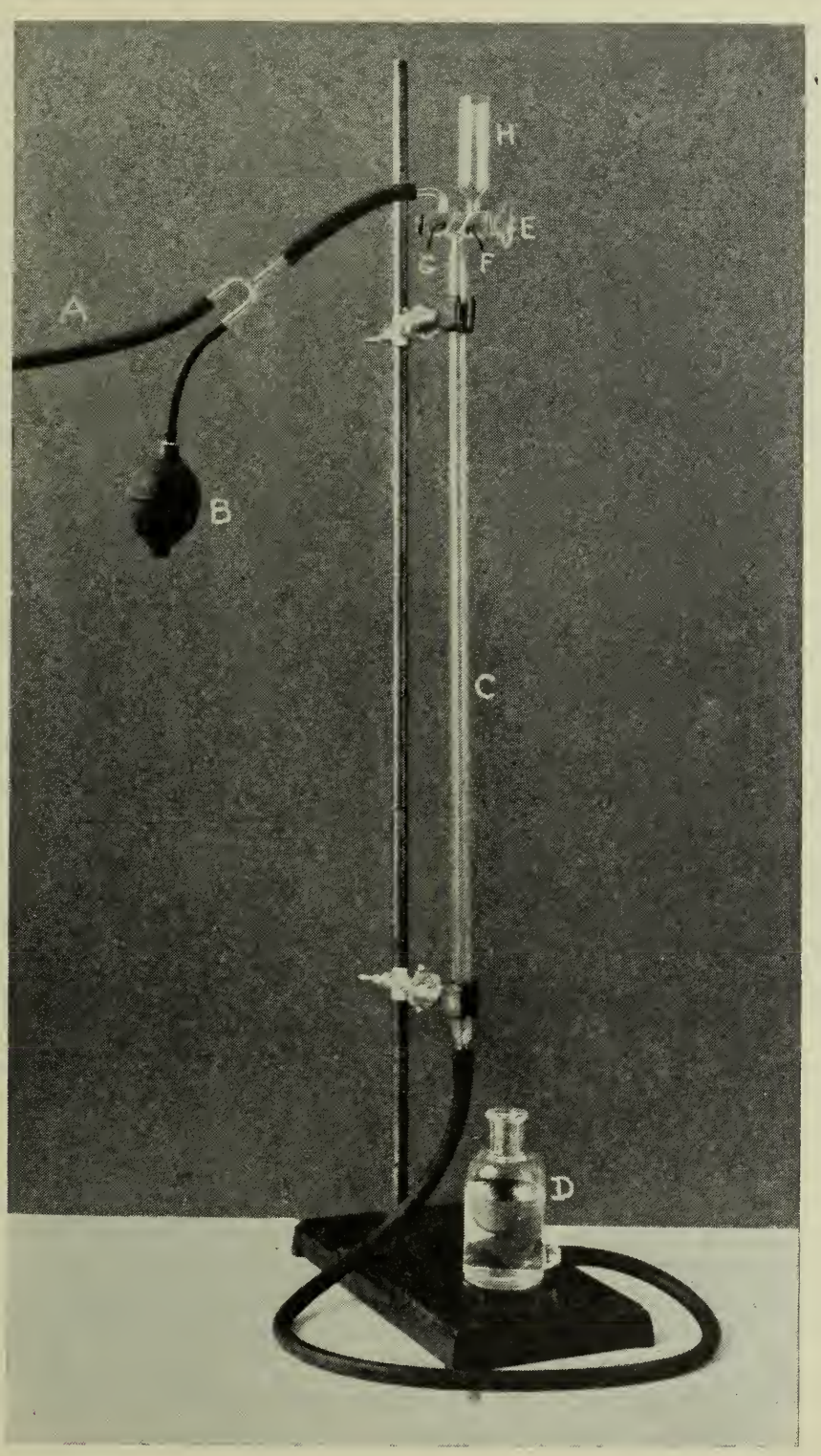

Fig. 11. Nitromètre Lunge pour déterminer la concentration de CO_2 et de O_2. (Voir texte pour la conduite de l'appareil.)

Lorsque l'échantillon de gaz est dans la burette, il faut ensuite absorber le gaz carbonique. On le fait en versant tout d'abord dans la tasse H une solution d'hydroxyde de potassium à 30 pour cent. (Il ne faut jamais laisser cette

tasse se vider complètement pendant l'analyse.) En tournant le robinet d'arrêt E, on laisse une partie de la solution passer dans la burette. On constatera alors que le niveau d'eau dans la burette s'est élevé, quand l'eau dans la boule est tenue au même niveau que dans la burette. On laisse ensuite couler dans la burette des parties supplémentaires d'hydroxyde de potassium jusqu'à ce que le niveau de l'eau cesse de monter (c'est-à-dire lorsque les observations indiquent qu'il ne reste pas de gaz carbonique dans l'échantillon de gaz).

Si le volume original de l'échantillon de gaz était de 50 cc. et que ce volume, après l'enlèvement du gaz carbonique, était de 40 cc. il est évident que la concentration de gaz carbonique est de 20 pour cent ($50-40=10$ cc. du $CO_2 = \frac{1}{5}$ original).

Après l'enlèvement du gaz carbonique on procède de la même façon pour l'oxygène, seulement au lieu de se servir d'hydroxyde de potassium à 10 pour cent on se sert d'une solution alkaline de pyrogallol (20 grammes de pyrogallol dans 200 ml. d'une solution à 30 pour cent d'hydroxyde de potassium). Cette dernière solution absorbe aussi bien l'oxygène que le gaz carbonique; il est donc très important que le gaz carbonique soit absorbé en premier lieu par l'hydroxyde de potassium afin d'obtenir des lectures exactes.

Un autre point important est que toutes les observations sont faites sur une base volumétrique, car un changement de température pendant l'analyse affecte les résultats. Une chemise d'eau aide à corriger cela sans donner cependant un contrôle constant. Pour cette raison l'analyse doit être faite aussi rapidement que possible. On apprendra à le faire avec la pratique.

Ventilation de la chambre à atmosphère réglée

(1) *Mélange normal d'oxygène*—Après que la chambre a été construite et qu'elle a été trouvée suffisamment étanche au gaz on pourra la charger et la fermer hermétiquement. On fait ensuite des analyses de routine de gaz tous les jours. Lorsque la proportion de gaz carbonique a atteint ou légèrement dépassé le point désiré, on échange une partie de l'air de la chambre pour de l'air extérieur jusqu'à ce que la concentration de gaz carbonique soit réduite à un point sans danger. Le facteur de détermination sous ce rapport est l'augmentation quotidienne de gaz carbonique. On la détermine généralement par les analyses quotidiennes, avant le moment où il est nécessaire de ventiler. Supposons par exemple qu'il faille un mélange de 7 pour cent de gaz carbonique. Les lectures quotidiennes commencent à zéro et augmentent graduellement jusqu'à 7 pour cent. Si vers la dernière partie de cette série d'analyses l'augmentation quotidienne est de 1 pour cent, alors on pourra sans danger ventiler à $6\frac{1}{4}$ ou $6\frac{1}{2}$ pour cent de sorte que le point de 7 pour cent serait atteint pendant la période de 24 heures suivante.

Un détail qui épargnerait du temps et rendrait la ventilation plus efficace serait de calculer la réduction de gaz carbonique au cours d'une certaine période de ventilation. Par exemple, on peut trouver qu'une période de ventilation de cinq minutes est nécessaire pour obtenir une réduction de 0.2 pour cent dans le gaz carbonique. Si une réduction de 1 pour cent est nécessaire, alors une période de ventilation de vingt-cinq minutes s'impose; pour une réduction de 0.8 pour cent, il faudrait vingt minutes, etc.

Un graphique du système de ventilation est indiqué à la fig. 12.

(2) *Mélange sous-normal d'oxygène*—La même méthode est suivie en ce qui concerne les mélanges sous-normaux d'oxygène qu'avec les mélanges normaux d'oxygène, sauf ce fait que le gaz carbonique est enlevé par absorption au lieu de l'être par ventilation tant que la concentration d'oxygène est suffisante. L'appareil d'épuration indiqué à la figure 13 s'inspire de celui qui est décrit par R. M. Smock et A. Van Dorne, Université Cornell. Le principe

de cet appareil c'est que l'air est soutiré de la chambre par un ventilateur. Cet air passe à travers un pulvérisateur de soude caustique qui absorbe le gaz carbonique, et revient ensuite au local hermétiquement fermé. Lorsque l'analyse quotidienne indique que la concentration d'oxygène est au dessous du niveau requis, alors on laisse entrer de l'air frais comme il est décrit pour la ventilation normale d'oxygène.

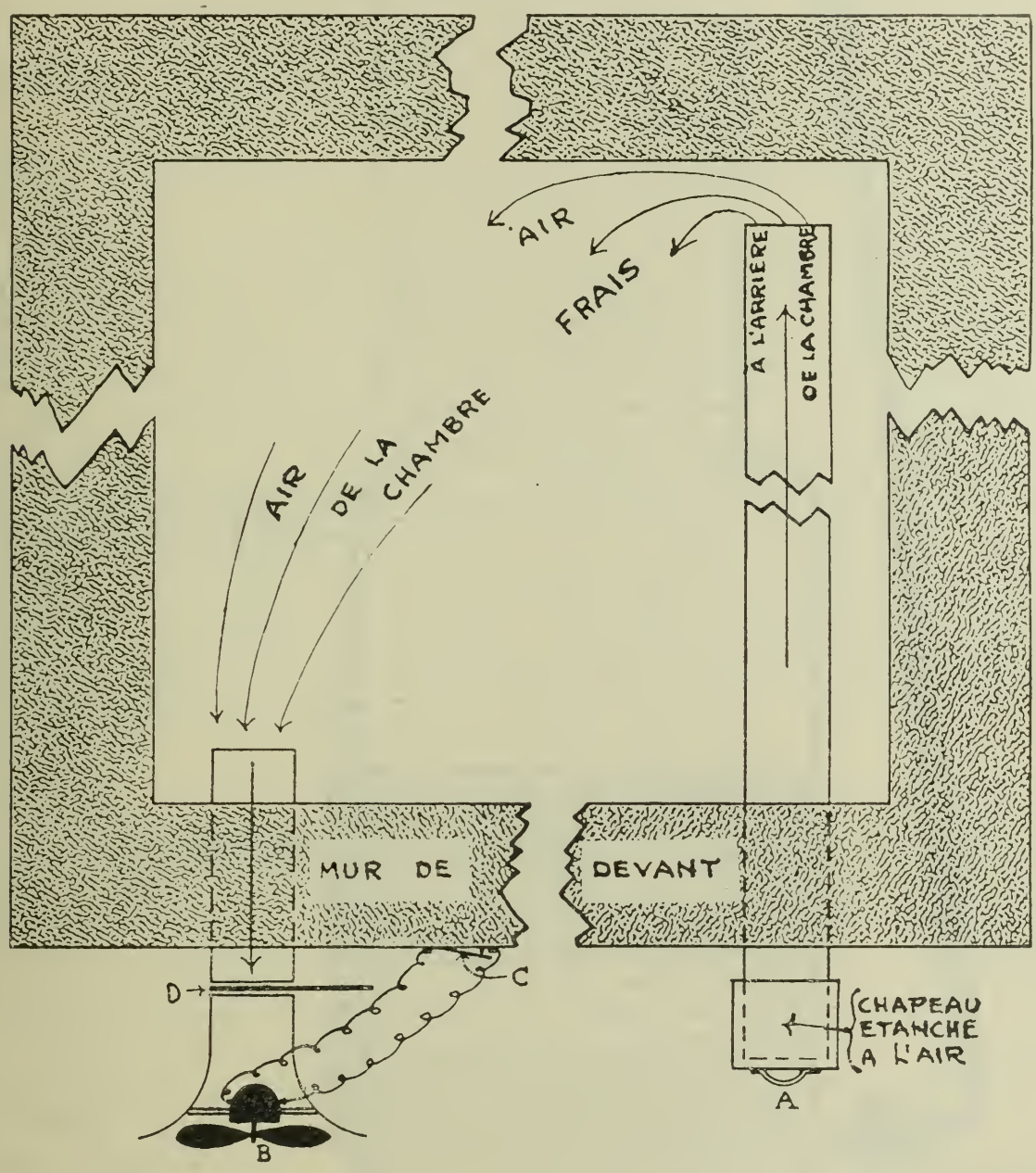

Fig. 12. Dessin graphique du système de ventilation, dans un entrepôt à atmosphère réglée; A. Chapeau à enlever pour laisser entrer l'air; B. Ventilateur pour soutirer l'air de la chambre; C. Commutateur (switch) pour le ventilateur; D. Registre pour régler la sortie de l'air de la chambre.

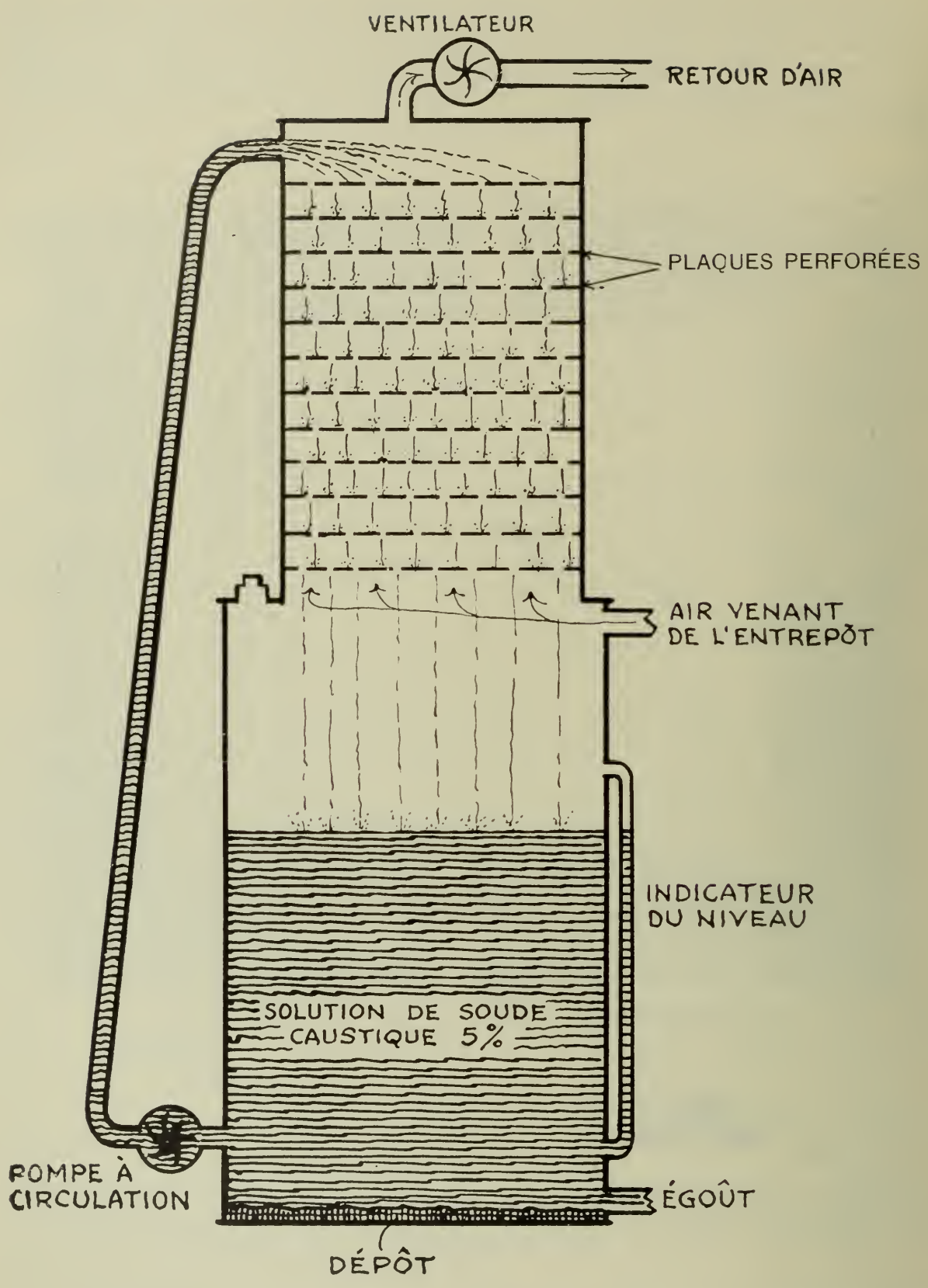

Fig. 13. Section longitudinale de l'épurateur employé pour enlever le gaz carbonique de l'air. (Extrait du Bulletin Cornell 762, par Smock et Van Doren.)

Recommandations au sujet de l'atmosphère et de la température pour les différentes variétés

La conservation dans une atmosphère réglée se complique quelque peu du fait que les différentes variétés peuvent exiger différentes conditions en ce qui concerne le gaz carbonique, l'oxygène et la température. De même le degré de maturité peut aussi influencer les résultats obtenus dans ce genre d'entrepôt, de la même façon que dans l'entrepôt froid ordinaire. Les résultats suivants sont basés sur des conditions idéales de cueillette, d'emballage et de manutention générale décrites ailleurs dans ce bulletin.

Certains investigateurs ont prétendu que ce n'est pas une bonne pratique que de mettre différentes variétés dans un même local quand bien même les conditions d'atmosphère et de température recommandées pour ces variétés seraient identiques. Une des raisons qu'ils allèguent c'est que les variétés qui mûrissent plus tôt exhalent du gaz d'éthylène lorsqu'elles sont mûres et que ce gaz fait mûrir les variétés tardives plus vite que celles-ci ne feraient dans d'autres conditions. Une autre raison c'est qu'une variété modérément résistante à la brûlure, comme la McIntosh, peut, dans certaines circonstances, produire des aldéhydes, résultant en la production d'une brûlure superficielle dans les variétés prédisposées à cette brûlure. Cependant, à en juger par les rapports préliminaires aucun effet délétère n'a été constaté à Ottawa lorsque la McIntosh, la Fameuse et la Golden Russet étaient conservées dans la même chambre. En fait, le goût de la Golden Russet paraissait être amélioré. Aucune de ces variétés n'est considérée comme très exposée à la brûlure superficielle, mais il y a une variation considérable dans la vitesse de maturation.

Un autre point qui mérite une considération sérieuse au point de vue des conditions d'atmosphère et de température indiquées ci-dessous, c'est qu'il a été fait des recherches beaucoup plus complètes sur les variétés comme les McIntosh, Golden Russet et Cox Orange que sur les autres. Pour cette raison les renseignements d'une nature préliminaire peuvent être modifiés par de nouvelles recherches sur les autres variétés en question.

McIntosh

Cette variété se conserve bien dans une proportion de 7 pour cent de gaz carbonique et de 14 pour cent d'oxygène, ou de 5 pour cent de gaz carbonique et de 2.5 pour cent d'oxygène à 39° F. Il a été démontré par des essais que ce dernier mélange de gaz vaut mieux que le premier, mais comme c'est un mélange sous-normal d'oxygène il revient plus cher en ce qui concerne la construction de l'entrepôt. Dans un cas comme dans l'autre, la durée de conservation est prolongée et le rougissement du cœur est bien maîtrisé.

Cette variété a été essayée sur une échelle commerciale. Tous deux, consommateurs et commerçants ont été satisfaits de la qualité et de leur durée de conservation après la sortie de l'entrepôt.

Golden Russet

Un mélange de 5 pour cent de gaz carbonique et de 16 pour cent d'oxygène à 32° F a donné de très bons résultats pour cette variété. Dans un essai commercial on a constaté que l'humidité et le goût étaient bien conservés. Ces pommes ont été bien accueillies lorsqu'elles ont été mises sur le marché.

Cox Orange Pippin

Cette variété souffre malheureusement d'un amollissement à une température de 36° F ou plus froide. Quand on la conserve à une température sans danger (39° F) sa durée normale de conservation ne peut être prolongée au delà de la mi-décembre. L'emploi d'une atmosphère réglée dans des essais préliminaires a permis de conserver la Cox Orange bien au delà du marché de

Noël. On a trouvé qu'un mélange de 5 pour cent de gaz carbonique et de 5 pour cent d'oxygène à 39° F est le meilleur pour cette variété. On a obtenu cependant de bons résultats avec un mélange de 5 pour cent de gaz carbonique et de 16 pour cent d'oxygène à 39° F. Si ce dernier mélange est employé, il ne devrait pas être maintenu après le 1er décembre ou lorsque les pommes sont sur le point d'atteindre leur pleine maturité. A cette époque on devrait se servir d'une atmosphère normale à 39° F. qui devrait être suffisante pour conserver les pommes jusqu'à la fin de janvier. Il semble que cette variété devient très exposée à souffrir du gaz carbonique (cœur brun) lorsqu'elle approche du point de pleine maturité.

Lobo

Les résultats préliminaires indiquent qu'une proportion de 9 pour cent de gaz carbonique et de 12 pour cent d'oxygène à 39°F. est la meilleure pour cette variété. En général, cependant, cette pomme ne peut être considérée comme un fruit d'atmosphère réglée parce qu'il suffit de petites différences de maturité pour causer des résultats sérieux. La bonne phase, c'est lorsque les pommes sont rouges sur une moitié ou les trois-quarts de leur surface et que l'essai de l'amidon donne I (la couleur de base et les essais de pression ne sont pas sûrs pour cette variété). Si la maturité dépasse un peu ce point, l'amollissement est à prévoir.

Gravenstein

Les essais préliminaires indiquent qu'un mélange de 10 pour cent de gaz carbonique et de 2.5 pour cent d'oxygène à 39°F. est bon pour cette variété.

Fameuse

Un mélange de 5 pour cent de gaz carbonique et de 16 pour cent d'oxygène à 32°F. paraît être le meilleur pour cette variété. La durée de conservation en entrepôt a augmenté d'environ 75 pour cent, mais les pommes ont une tendance à développer une texture un peu ligneuse.

Northern Spy

La maturité est importante pour cette variété. Quand elle est trop mûre, des avaries dues au gaz carbonique peuvent se développer dans l'un ou l'autre des mélanges à l'essai. On a cependant obtenu d'excellents résultats dans des essais préliminaires avec un mélange de 7 pour cent de gaz carbonique et de 14 pour cent d'oxygène à 32°F. lorsque les pommes étaient cueillies un peu avant d'être mûres, un tiers à trois quarts colorées, essai d'amidon de 1—3 et essai de pression de 17½ livres (la couleur de base ne paraît pas être sûre pour cette variété).

Sandow

Les essais préliminaires montrent qu'une proportion de 9 pour cent de gaz carbonique et de 12 pour cent d'oxygène à 32°F. est bonne pour cette variété. Dans ces conditions cette pomme s'est conservée en bon état jusqu'en juin.

Délicieuse

La moindre quantité de gaz carbonique paraît hâter la formation de la texture farineuse dans cette variété. C'est là une caractéristique dans la conservation de cette pomme. Cependant, on est parvenu à prolonger la conservation en réduisant l'oxygène. Une proportion de 2.5 pour cent ou de 5 pour cent d'oxygène en l'absence de gaz carbonique s'est montrée satisfaisante. La première a permis d'allonger la conservation mais avec une légère augmentation dans la prédisposition à la brûlure. Pour cette raison le mélange de 5 pour cent d'oxygène peut être considéré comme le plus pratique des deux.

Cortland

La maturité est importante dans cette variété. Lorsqu'elle est cueillie avec une couleur de base de 5 ou plus, un essai d'amidon de 5-7 et une pression de 15 livres, la Cortland se conserve bien dans un mélange de 7 pour cent de gaz carbonique et de 14 pour cent d'oxygène à 39°F. Lorsqu'elle est cueillie dans un état de maturité moins avancé, la Cortland ne développe pas sa qualité dans une atmosphère d'entrepôt réglée.

Lawfam, King, Jonathan, Rhode Island Greening et Baldwin

Les recherches sur ces variétés n'ont indiqué jusqu'ici aucun avantage de l'atmosphère réglée sur la conservation ordinaire.

NOTES SUR LA CONSERVATION DES VARIÉTÉS

En règle générale une température de 32°F. et une proportion de 90 pour cent d'humidité relative constituent les meilleures conditions de conservation pour les pommes, mais il y a naturellement des variétés qui conservent leur qualité plus longtemps que d'autres dans ces conditions. La terminaison de la vie des fruits en entrepôt peut aussi être provoquée par des causes variables qui diffèrent avec les variétés. Chez certaines variétés par exemple, les désordres physiologiques ou fongiques peuvent terminer la vie d'entrepôt tandis que pour d'autres pommes ce peut être un manque de qualité ou autre cause de ce genre. Il y a aussi des exceptions en ce qui concerne la température de l'entrepôt. On voit souvent des pommes qui s'amollissent à 32°F. et c'est là un accident que l'on peut éviter en employant une température plus élevée. Nous donnons ici un résumé des constatations faites à ce sujet sur quelques-unes des variétés les plus importantes. (Toutes les variétés sont exposées aux pourritures fongiques, particulièrement lorsqu'elles sont mûres, et c'est pourquoi ces désordres ne sont pas mentionnés dans ce résumé).

Baldwin

On éprouve généralement peu de difficulté avec cette variété lorsque la température est à 32°F. et que l'humidité relative est de 90 pour cent. La durée de conservation se prolonge généralement jusqu'en mars, après quoi la sénilité commence. La pourriture amère ou pourriture d'entrepôt se produit souvent chez la Baldwin. On peut la prévenir en prenant les pommes dans les vergers où cette maladie est absente. Si la pourriture amère a été constatée dans le verger il faudra laisser les pommes sur les arbres aussi longtemps que possible, et faire un triage pour enlever celles qui sont affectées avant de les mettre en entrepôt.

Ben Davis

Une température de 32°F. et une humidité relative de 90 pour cent comme pour la Baldwin. Cette variété résiste peut-être mieux aux abus que toute autre. Elle peut se conserver jusqu'en mai.

Cortland

Les meilleures conditions de conservation pour cette variété sont de 32°F. et de 90 pour cent d'humidité relative. La vie d'entrepôt se termine vers le milieu de février par l'apparition du cœur rouge et par le développement d'une texture sèche ligneuse. Elle est exposée à un désordre non déterminé qui prend la forme d'un durcissement ou d'un desséchement dans la région du cœur. Ce

défaut ne paraît pas être sérieux dans les échantillons qui ont été observés. Le bon degré de la maturité à la cueillette paraît être aussi important pour la Cortland que pour la McIntosh. Quand on la laisse mûrir sur l'arbre il y a une grande amélioration de qualité en entrepôt.

Cox Orange

Cette variété est très exposée à s'amollir à 32°F. et la température de conservation ne devrait pas être inférieure à 36°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. La conservation à une atmosphère réglée prolonge sa vie jusqu'à la fin de janvier. Dans une atmosphère ordinaire, décembre est la limite de la conservation car la dégénérescence sénile fait son apparition.

Délicieuse

C'est là une variété de pomme à goût peu prononcé et dont la qualité dépend d'une haute proportion d'humidité et d'une texture croquante. A 32°F. et une humidité relative de 90 pour cent elle se conserve jusqu'en mars avant de devenir farineuse. Il faut prendre les soins nécessaires pour qu'elle puisse se conserver au moins une semaine après la sortie de l'entrepôt, avant qu'elle ne devienne farineuse.

Fameuse

Cette variété peut se conserver jusqu'en décembre à une température de 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. A cette époque ou après cela il y a une perte de qualité bien marquée, suivie par un amollissement farineux. Le cœur rouge se développe généralement en novembre quand les pommes sont conservées à 39°F ou à une température plus élevée.

Golden Russet

Cette variété exige un haut degré d'humidité parce qu'elle est très exposée à se ratatiner et c'est pourquoi une température de 32°F. avec une humidité relative de 95 pour cent fournit les meilleures conditions de conservation. Si l'on prévient ce ratatinement elle peut être vendue jusqu'à la fin d'avril. La diminution générale de qualité est le facteur qui limite la vie de cette pomme en entrepôt. Une forme de tache lenticelle peut causer des inconvénients en entrepôt mais cet accident est assez rare.

Gravenstein

Cette variété est exposée à s'amollir lorsqu'elle est conservée à une température inférieure à 36°F., surtout lorsqu'elle est cueillie à peu près mûre. On recommande donc une température de 36°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. C'est là une pomme de courte durée. Elle n'est guère vendable après la fin de novembre.

Jonathan

Quand elle est conservée à 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent, la Jonathan peut se conserver jusqu'à la fin de janvier. Cueillie trop mûre, l'amollissement peut se manifester en quelques semaines. Les basses températures peuvent retarder le développement de ce désordre. Lorsqu'elle est cueillie au bon moment et bien conservée, l'amollissement général, la perte de qualité et peut-être la tache de Jonathan sont les causes qui déterminent la fin de la vie en entrepôt.

Lawfam

Nous n'avons pas de notes détaillées sur le comportement de cette variété en entrepôt. A en juger par les observations générales, il semble que la vie d'entrepôt se termine vers le milieu de février dans les meilleures conditions de conservation, qui sont de 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. A cette époque la vie d'entrepôt se termine par la perte de qualité. Cueillie trop

verte, cette variété est portée à contracter le cœur rouge, mais il est rare que ce désordre se manifeste avant la fin de février.

Lobo

Les recommandations pour cette pomme doivent être basées sur l'observation générale, comme pour la Lawfam. L'amollissement de température basse s'est produit dans cette variété à 32°F. Il est possible que l'on puisse maîtriser ce désordre en faisant la cueillette à une certaine phase de la maturité ou par d'autres moyens. Pour éviter ce danger, on devrait employer une température de 39°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. Dans ces conditions cette pomme se conserve jusqu'à la mi-décembre.

King

Les meilleures conditions de conservation pour cette variété sont une température de 36°F. et une humidité relative de 90 pour cent. Le rougissement du cœur et l'amollissement se développent à 32°F. Dans les meilleures conditions la pomme ne conserve sa qualité que jusqu'à la fin de janvier, après quoi elle devient trop mûre.

McIntosh

Cette variété se conserve bien jusqu'à la fin de janvier à 32°F., avec une humidité relative de 90 pour cent. A cette époque la McIntosh peut encore être acceptable mais sa qualité s'est grandement détériorée. L'excès d'azote ou l'alimentation mal équilibrée, une récolte claire, une cueillette trop hâtive, peuvent causer le développement du cœur rouge lorsqu'elle est conservée à 32°F. Quand les pommes sont cueillies dans ces conditions il vaudrait mieux les conserver à 39°F. jusqu'à ce que la couleur de base accuse une légère tendance à jaunir.

Newtown

Cette variété se conserve bien jusqu'en mai à 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. Le détail important est de voir à ce que les Newtowns soient récoltées au bon degré d'humidité. Une cueillette trop hâtive provoque le cœur rouge, la brûlure superficielle et aussi la pourriture amère, lorsque la variété est exposée à cette maladie. Pour prévenir la brûlure c'est une bonne précaution que de se servir d'enveloppes de papier huilé ou de bandes de papier huilé. Les pommes venant d'arbres à récolte claire et celles qui sont cueillies trop tôt devraient être conservées à des températures plus élevées et vendues de bonne heure.

Rhode Island Greening

Cette variété se conserve jusqu'à la fin de février lorsqu'elle est mise en entrepôt à 32°F. avec 90 pour cent d'humidité relative. La brûlure superficielle est le principal désordre. On peut la prévenir en retardant la cueillette et en se servant de papier huilé. On sait que le cœur rouge peut se développer dans les Greenings. A en juger d'après les résultats obtenus, il semble que ce pourrait être là un facteur causé par les saisons et qui n'est pas évidemment prévenu par la température ou le degré de maturité à la cueillette.

Rome Beauty

Cette variété peut se conserver jusqu'à la fin de mars ou au début d'avril lorsqu'elle est entreposée à 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. La vie d'entrepôt est généralement terminée par la perte de qualité, l'amollissement et la sénilité générale.

Northern Spy

Cette variété est une de celles qui se conservent le plus longtemps à cause de sa maturité tardive et de son arome très développé. A 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent la Northern Spy peut être conservée en bon état jusqu'au mois d'avril. Ce n'est qu'en de rares occasions que l'amollissement de basse température (un genre de brûlure molle) se produit. Parfois aussi il peut y avoir de la pourriture d'entrepôt. On peut éviter ce dernier désordre en retardant la cueillette afin de pouvoir trier et enlever les pommes prédisposées à cette pourriture avant de les mettre en entrepôt. Beaucoup de directeurs d'entrepôt préfèrent attendre jusqu'en décembre pour trier cette variété parce qu'elle est très exposée à se meurtrir lorsqu'elle est croquante et dure. La vie en entrepôt est normalement terminée par la sénilité et la pourriture.

Sandow

La Sandow se comporte de façon très semblable à la Northern Spy mais elle peut durer un peu plus longtemps que cette dernière à 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. Elle peut même se conserver jusqu'à la fin d'avril dans ces conditions. Il faut prendre des précautions contre la pourriture d'entrepôt.

Stark

Pour cette variété les meilleures conditions de conservation sont de 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. Elle se conserve dans ces conditions jusqu'à la fin de mars. Le point faible de la Stark c'est la pourriture amère. Il faudra prendre les précautions ordinaires pour prévenir ce désordre.

Wagener

Cette variété se conserve jusqu'à la fin de mars ou le début d'avril lorsqu'elle est mise en entrepôt à une température de 32°F. avec une humidité relative de 90 pour cent. A cette époque elle est exposée à s'amollir. Elle peut aussi contracter le cœur rouge à 32°F. mais l'apparition de ce désordre a lieu plus tard dans la saison, lorsque la sénilité commence. La Wagener est exposée également à la brûlure superficielle et c'est une bonne précaution que de se servir de papier huilé.

Ottawa: Edmond Cloutier, Imprimeur de Sa Très Excellente Majesté le Roi, 1946

CAL/BCA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00211156 7